

低影响开发技术

在中山市市政工程项目中的应用

何建军 丁道红 李文剑 温县权 著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

随着城市化进程的发展,过去大量可以进行天然透水的地面被建筑物、道路等不透水层所代替,改变了天然状态下的水文循环机制,破坏了自然水域循环过程,引发了一系列城市水环境问题。低影响开发就是在城市开发建设过程中,通过各种措施,尽可能维持城市开发建设前后水文特征不变,有效缓解因不透水面积增加造成的径流总量、径流峰值与径流污染增加等对环境造成的不利影响。

本书结合中山市城区自然条件、气候条件、初期雨水污染情况等,选取了南外环与东苑南路立交匝道工程、金钟湖公园、西区裕福南路工程、岐安路道路工程、东苑南路(城桂路至沙石公路段)五个项目进行相关方案设计,为低影响开发技术在中山市市政工程项目的应用提供理论指导。

本书可作为高等院校和科研院所相关专业本科生的教学参考书,也可供有关科研、设计和工程建设等相关领域人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

低影响开发技术在中山市市政工程项目中的应用 / 何建军等著. — 北京: 电子工业出版社, 2017.7

ISBN 978-7-121-32231-0

I. ①低… II. ①何… III. ①市政工程—项目管理 IV. ①TU99

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 171478 号

策划编辑: 戴晨辰

责任编辑: 裴 杰

印 刷:

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱

邮编: 100036

开 本: 720×1 000 1/16 印张: 5.5 字数: 140.8 千字

版 次: 2017 年 7 月第 1 版

印 次: 2017 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: dcc@phei.com.cn, 192910558(QQ 群)。

前 言

随着城市化进程的发展，过去大量可以进行天然透水的地面被建筑物、道路等不透水层所代替，改变了天然状态下的水文循环机制，破坏了自然水域循环过程，引发了一系列城市水环境问题。低影响开发就是在城市开发建设过程中，通过各种措施，尽可能维持城市开发建设前后水文特征不变，有效缓解因不透水面积增加造成的径流总量、径流峰值与径流污染增加等对环境造成的不利影响。

低影响开发通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术，对实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力，维持或恢复城市的“海绵”功能具有积极意义。在实际工程应用中应结合工程的特点、功能要求、工程周边条件等，从经济性、适用性、景观效果、维护管理等多个方面综合考虑，做到因地制宜，灵活选用低影响开发设施及其组合系统。

中山市城区地势南高北低，南部的五桂山山脉易造成山洪，山洪沿山体倾泄至低平地区，使得洪峰来势快、来势猛，同时，中山市地处珠江三角洲网河区下游，暴雨时外河水位上涨，极易形成河水顶托现象，不利于雨水的外排，因此，采用储存、调节等调节峰现时间措施，可以缓解中山市城区的内涝现象。

初期雨水污染，尤其是市政道路等的初期雨水污染较严重，对河涌的水质有一定的影响，通过低影响开发的截污净化措施，如植被缓冲带、初期雨水弃留设施，对河涌的水质改善具有一定的积极意义。

结合统筹建设的原则，选取了南外环与东苑南路立交匝道工程、金钟湖公园、西区裕福南路工程、岐安路道路工程、东苑南路(城桂路至沙石公路段)五个项目进行相关方案设计，为低影响开发技术在中山市市政工程项目的应用提供理论指导。针对不同项目的不同特点及相关功能需求等，有针对性地进行低影响开发方案设计，其中南外环与东苑南路立交匝道工程采用植草沟取代浆砌块石边沟的排水方案，在满足原排水需求的基础上，增加了净化植被净化水质的低影响开发措施。结合金钟湖公园的建设内容和

建设环境等，拟建议采用下沉式绿地、雨水湿地、植被缓冲带等低影响开发技术。西区裕福南路工程，根据项目特点和现场实际情况，拟选用雨水弃流设施和下沉式绿地净化水质。综合考虑东苑南路(城桂路-沙石公路)道路工程的现状，采用初期雨水弃流设施。歧安路道路工程，拟建议采用下沉式绿化带代替原设计绿化带，同时结合原方案中的雨水井，增设雨水弃流井，净化水质。

本书由中山市住房和城乡建设局下属事业单位中山市市政工程建设中心的何建军、丁道红、李文剑和中山市规划设计院的温县权等共同完成。

本书的研究工作得到了中山市重点调研课题的支持，在开展研究工作过程中得到了相关项目负责人的支持，在成果论证评审过程中专家们给出了很多宝贵的建议，在此表示衷心的感谢。同时，对在写作过程中参考的国内外文献的作者们一并表示感谢。

限于作者的学识和水平，书中难免存在诸多不足甚至错误，恳请读者不吝指正。

丁道红

目 录

第 1 章	概述	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的	2
1.3	研究范围	2
1.4	研究内容	3
1.5	研究意义	3
1.6	基本原则	4
1.7	研究步骤	4
1.7.1	筛选项目	5
1.7.2	察看现场	6
1.7.3	分析项目情况	6
1.7.4	比选技术措施	6
1.7.5	确定技术方案	6
第 2 章	低影响开发介绍	7
2.1	低影响开发概念	7
2.2	低影响开发技术介绍	8
2.3	选择原则	12
2.4	维护与管理	14
2.4.1	相关要求	14
2.4.2	设施维护	15
2.4.3	维护频次	18
2.4.4	风险管理	19
2.5	低影响开发实例	19
2.5.1	南宁那考河、南湖公园	19
2.5.2	深圳光明新区	25
2.5.3	合肥市滨湖新区	30
2.6	小结	33

第 3 章	中山市自然条件分析	35
3.1	区域位置	35
3.2	自然条件	36
3.3	地形地貌	37
3.4	地下水位	37
3.5	雨水径流计算	38
3.6	城市排水现状	39
3.7	水环境分析	40
3.8	相关设计指标	41
3.9	小结	42
第 4 章	低影响开发的技术应用	43
4.1	项目选择范围	43
4.2	低影响技术试点项目	45
4.2.1	项目进展情况	45
4.2.2	选择项目原则	46
4.2.3	项目选择结论	46
4.3	南外环与东苑南路立交匝道工程	46
4.3.1	项目概况	46
4.3.2	低影响技术应用	47
4.4	金钟湖公园	52
4.4.1	项目概况	52
4.4.2	低影响技术应用	53
4.5	西区裕福南路工程	62
4.5.1	项目概况	62
4.5.2	低影响技术应用	63
4.6	东苑南路(城桂路至沙石公路段)工程	70
4.6.1	项目概况	70
4.6.2	低影响技术应用	71
4.6.3	投资估算	71
4.7	岐安路工程	72
4.7.1	项目概况	72
4.7.2	低影响技术应用及估算	73

4.8 效应分析 75

4.9 小结 76

第 5 章 结论与建议 77

5.1 结论 77

5.2 建议 78

参考文献 80

第 1 章 概 述

1.1 研究背景

随着城市化进程的发展，过去大量可以进行天然透水的地面被建筑物、道路等不透水层所代替，改变了天然状态下的水文循环机制，破坏了自然水域循环过程，引发了一系列城市水环境问题。低影响开发就是在城市开发建设过程中，通过各种措施，尽可能维持城市开发建设前后水文特征不变，有效缓解因不透水面积增加造成的径流总量、径流峰值与径流污染增加等对环境造成的不利影响。

《国务院办公厅关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》（国办发〔2013〕23 号）明确要求应积极推行低影响开发建设模式。各地区旧城改造与新区建设必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念；要按照对城市生态环境影响最低的开发建设理念，控制开发强度，合理安排布局，有效控制地表径流，最大限度地减少对城市原有水生态环境的破坏；要与城市开发、道路建设、园林绿化统筹协调，因地制宜配套建设雨水滞渗、收集利用等削峰调蓄设施，增加下凹式绿地、植草沟、人工湿地、可渗透路面、砂石地面和自然地面，以及透水性停车场和广场。新建城区硬化地面中，可渗透地面面积比例不宜低于 40%；有条件的地区应对现有硬化路面进行透水性改造，提高对雨水的吸纳能力和蓄滞能力。

《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》（国发〔2013〕36 号）提出应积极推行低影响开发建设模式，将建筑、小区雨水收集利用、可渗透面积、蓝线划定与保护等要求作为城市规划许可和项目建设的前置条件，因地制宜配套建设雨水滞渗、收集利用等削峰调蓄设施。

2013 年 12 月，习近平总书记在中央城镇化工作会议上要求“要坚持生态文明，着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展，尽可能减少对自然的干扰和损害，节约集约利用土地、水、能源等资源”。2014 年

10月，住房城乡建设部根据习总书记的讲话精神，出台了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》。2014年10月，市政府批准实施《中山市中心城区低冲击(低影响)开发规划》。为了积极推进《中山市中心城区低冲击(低影响)开发规划》的实施，综合提高中山市排水防涝能力，2015年12月，中山市城乡规划局制定了《中山市低影响开发建设设计导则》。

《中山市人民政府办公室关于做好城市排水防涝设施建设工作的实施意见》(中府办〔2015〕12号)要求各镇区在普查的基础上，按照住房和城乡建设部《城市排水(雨水)防涝综合规划编制大纲》的要求，在2015年底前编制或修编完成《镇区排水防涝专项规划》，经市人民政府批准后纳入城市总体规划和土地利用总体规划实施，涉及的新增建设用地应与土地利用总体规划衔接，完善用地手续。专项规划须明确雨水径流控制、内涝防治等相关标准，提出蓄、滞、渗、净、用、排等多种措施组合的排水防涝系统方案，对雨水径流控制与资源化利用、排水管网系统和防涝系统等做出统筹安排。

2016年2月2日中山市城乡规划局在其官网公示的《中山市城市规划技术标准与准则》中要求城市规划、建设过程中应落实低影响开发理念，因地制宜制定雨水入渗、滞缓、调蓄和利用等相关工程措施。加强初期雨水管理，控制面源污染对水环境的影响，对于降雨初期污染物含量较高的雨水应进行源头处置。

1.2 研究目的

本报告主要针对低影响开发技术在中山市市政工程项目中的应用进行理论分析及技术探讨。

1.3 研究范围

研究项目均为中山市市政工程建设中心负责的将于近期实施或目前正进行可研方案编制(或修编)阶段的市政项目。

1.4 研究内容

基于海绵城市建设在雨水径流控制与资源化利用和对城市排水防涝等方面的积极意义,结合《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》《中山市城市规划技术标准与准则》《中山市中心城区低冲击(低影响)开发规划》和《中山市低影响开发建设设计导则》等,对所选项目进行低影响技术研究论证。

具体研究内容有:

- (1)筛选分析中山市市政工程建设中心负责的近期拟建市政工程项目;
- (2)根据项目现状、周边环境等实际情况,研究低影响技术在所选市政工程项目的运用,并邀请相关专家对项目的低影响技术方案进行分析和论证。

1.5 研究意义

- (1)为更好地建设中山市市政工程项目提供指导

低影响开发技术可以在城市化进程中有效实现城市良性水文循环,对城市健康发展具有重要意义。本课题的研究可以为低影响技术在市政工程项目中的应用提供有效指导。

- (2)为应用低影响开发技术的合理性和可行性提供理论支撑

市政工程项目是民生项目,与老百姓的生活息息相关,如果不具备条件的地方实施低影响开发,可能会造成暴雨的时候工程被淹没从而影响群众出行,对周边建筑物(尤其历史建筑物)造成安全隐患,只有在具备实施低影响开发条件的项目实施低影响开发,才能既服务于群众,又促进中山市水文良性循环。通过本课题的研究,可以有效论证低影响开发技术的合理性和可行性。

- (3)加快低影响开发技术在中山市市政工程项目中的应用

通过本课题的研究,既可以对部分项目采用低影响开发技术的合理性和可行性提供指导,同时又可以通过研究的成果归纳总结出相关的经验和技術,为以后的建设项目采用低影响开发技术提供参考,从而促进低影响开发技术的应用。

1.6 基本原则

低影响开发的基本原则为规划引领、生态优先、安全为重、因地制宜、统筹建设。

(1) 规划引领

在城市各层级、各相关专业规划以及后续的建设程序中，应落实低影响开发系统的构建，先规划后建设，体现规划的科学性和权威性，发挥规划的控制和引领作用。

(2) 生态优先

要求城市规划中应科学划定蓝线和绿线。城市开发建设应保护河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，优先利用自然排水系统与低影响开发设施，实现雨水的自然积存、自然渗透、自然净化和可持续水循环，提高水生态系统的自然修复能力，维护城市良好的生态功能。

(3) 安全为重

以保护人民生命财产安全和社会经济安全为出发点，综合采用工程和非工程措施提高低影响开发设施的建设质量和管理水平，消除安全隐患，增强防灾减灾能力，保障城市水安全。

(4) 因地制宜

要求各地应根据本地自然地理条件、水文地质特点、水资源禀赋状况、降雨规律、水环境保护与内涝防治要求等，合理确定低影响开发控制目标与指标，科学规划布局和选用下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、透水铺装、多功能调蓄等低影响开发设施及其组合系统。

(5) 统筹建设

地方政府应结合城市总体规划和建设，在各类建设项目中严格落实各层级相关规划中确定的低影响开发控制目标、指标和技术要求，统筹建设。低影响开发设施应与建设项目的主体工程同时规划设计、同时施工、同时投入使用。

1.7 研究步骤

基于低影响开发的基本原则，根据本地自然地理条件、水文地质特点、降

雨规律等，结合工程的性质、周边现状、汇水区特征和各种低影响开发技术的主要功能、经济性、适用性、景观效果等因素综合选择低影响开发技术。

研究的步骤可以概括如图 1-1 所示。

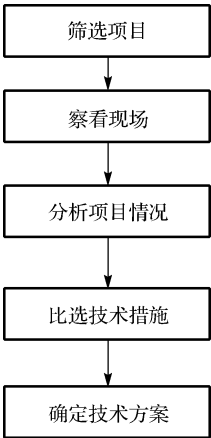


图 1-1 研究步骤

1.7.1 筛选项目

本课题的研究意义是为更好地将低影响开发技术应用到市政工程项目建设中，通过研究的成果归纳总结相关的经验和技術，为以后的建设项目采用低影响开发技术提供参考，从而加快低影响开发技术在中山市市政工程项目中的应用。

结合课题的研究意义，在筛选项目时，遵循以下几点原则。

(1) 项目来源

为了便于研究资料的收集和后续的跟踪分析，提高研究的可操作性，结合研究人员在中山市市政工程建设中心工作的实际情况，确定研究项目均来源于中山市市政工程建设中心所负责的市政工程项目。

(2) 近期实施

课题研究的意义主要是为以后的建设项目采用低影响开发技术提供参考，因此在选择项目时，考虑项目应于近期实施，以便为后续工程中应用低影响开发技术提供参考。

(3) 统筹建设

根据统筹建设的原则，低影响开发设施应与建设项目的主体工程同时规

划设计、同时施工、同时投入使用，因此在选择项目时，只选择正在进行可研方案编制阶段的项目进行研究。

1.7.2 察看现场

根据因地制宜的原则，在确定低影响开发技术时应结合工程的性质、周边现状、汇水区特征和各种低影响开发技术的主要功能、经济性、适用性、景观效果等因素综合选择低影响开发技术，因此，在筛选出项目的基础上，应察看项目现场，充分了解项目的周边现状，才能合理选择低影响开发技术。

1.7.3 分析项目情况

根据本地自然地理条件、水文地质特点、降雨规律等，通过对工程的性质、周边现状、汇水区特征等进行分析，确定所需低影响开发需求，为优选低影响开发技术提供技术要求，确保所选技术措施的适用性。

1.7.4 比选技术措施

根据项目的特点及低影响开发技术需求，比选各种技术措施及各种技术措施的组合，确保所选措施的可行性、合理性和适用性，为项目采用低影响技术提供多种方案。

1.7.5 确定技术方案

在比选出的技术措施中，综合考虑建设费用、维护费用等措施的经济性和景观效果等，最终确定低影响技术方案。

第 2 章 低影响开发介绍

2.1 低影响开发概念

低影响开发是指在城市开发建设过程中采用源头削减、中途转输、末端调蓄等多种手段，通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术，实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力，维持或恢复城市的“海绵”功能。其核心是维持场地开发前后水文特征不变，包括径流总量、峰值流量、峰现时间等。

通过低影响开发手段，不仅不需要大块的土地资源就能将雨水径流的大部分用于补充地下水，变废弃雨水为资源，而且还能结合景观设计对面源污染进行处理，美化城市环境。低影响开发的水文功能包括利用土壤和植被的蓄流、入渗、过滤、蒸发等方式减少径流外排，通过使用暴雨蓄滞区控制水文交换的进程、频率和水量，减少流域不透水面积，延长水的流程和径流时间。

低影响开发技术在不同气候、自然条件中的应用效果有所不同，但总体来说在各城市都有显著效果。根据资料统计，低影响开发技术能减少暴雨径流约 30%~99%，并延迟径流峰值约 5~20 分钟，从而减轻市政排水管网的压力，低影响开发技术还可以有效去除雨水径流中的磷、氮、油脂、重金属等污染物，并中和酸雨，节省雨水回用的成本。

低影响开发技术主要是采用渗透、储存、调节、转输、截污净化等多种技术，对雨水径流控制与资源化利用、排水管网系统和防涝系统等做出统筹安排。

通过各类技术的组合应用，可实现径流总量控制、径流峰值控制、径流污染控制、雨水资源化利用等目标。实践中，应结合不同区域水文地质、水资源等特点及经济技术分析，按照因地制宜和经济高效的原则选择合适的低影响开发技术及其组合系统。

2.2 低影响开发技术介绍

低影响开发技术具有补充地下水、集蓄利用、削减峰值流量及净化雨水等多个功能，可实现径流总量、径流峰值和径流污染等多个控制目标，因此在选择具体设施时应结合工程的特点、功能要求、工程周边条件等，从经济性、适用性、景观效果等多个方面综合考虑，做到因地制宜，灵活选用低影响开发设施及其组合系统。

低影响开发技术主要有透水铺装、下沉式绿地、生物滞留设施、雨水湿地、植草沟、植被缓冲带、初期雨水弃流设施等，详见表 2-1。

表 2-1 低影响开发技术一览表

序号	低影响技术	备注
1	透水铺装	
2	绿色屋顶	
3	下沉式绿地	
4	生物滞留设施	
5	渗透塘	
6	渗井	
7	湿塘	
8	雨水湿地	
9	蓄水池	
10	雨水罐	
11	调节塘	
12	调节池	
13	植草沟	
14	渗管/渠	
15	植被缓冲带	
16	初期雨水弃流设施	
17	人工土壤渗滤	

低影响开发技术的各种单项设施往往具有多个功能，如生物滞留设施的功能除渗透补充地下水外，还可削减峰值流量、净化雨水，实现径流总量、

径流峰值和径流污染控制等多重目标。因此应根据设计目标灵活选用低影响开发设施及其组合系统，并对单项设施及其组合系统的设施选型和规模进行优化。

根据低影响开发技术的主要功能可将常用的低影响开发措施大致归纳为如下 5 类。

(1) 渗透措施

如透水铺装、绿色屋顶、下沉式绿地、生物滞留池、渗井、渗透塘等，如图 2-1～图 2-5 所示。



图 2-1 透水铺装 1

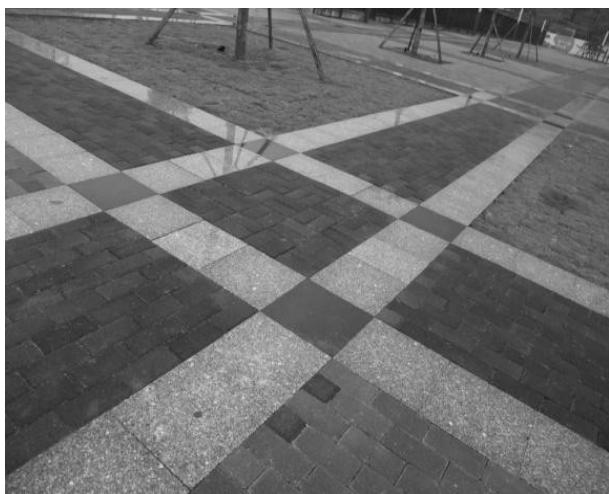


图 2-2 透水铺装 2



图 2-3 下沉式绿地



图 2-4 透水沥青道路



图 2-5 绿色屋顶

(2) 储存措施

如雨水罐、蓄水池、湿塘、雨水湿地等，如图 2-6、2-7 所示。

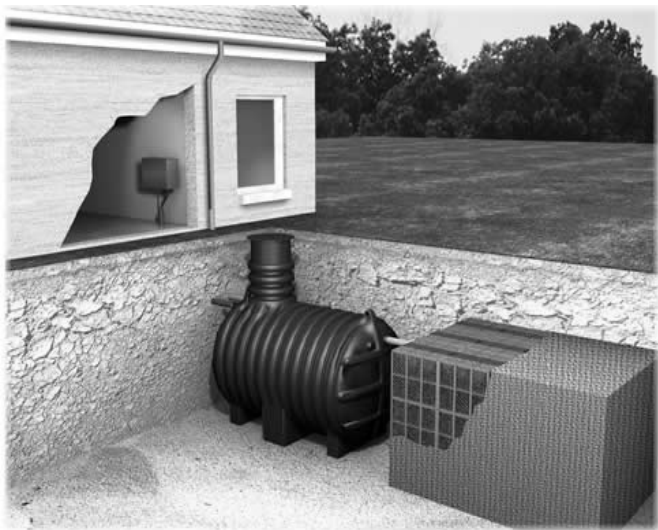


图 2-6 雨水罐



图 2-7 雨水湿地

(3) 调节措施

如调节池、调节塘等。

(4) 转输措施

如植草沟、渗管、渗渠等，如图 2-8 所示。



图 2-8 植草沟

(5) 截污净化措施

如植被缓冲带、初期雨水弃留设施、人工土壤渗滤等。

2.3 选 择 原 则

为了便于在工程方案设计中选择合适的低影响开发技术措施，我们将各种常用低影响开发技术措施的功能、控制目标、景观效果等进行了归纳总结，详见表 2-2。各种常用低影响开发技术措施在各类工程中的适用情况，详见表 2-3。

表 2-2 常用低影响开发技术措施功能控制目标一览表

常用措施	功能				控制目标				景观效果
	蓄	渗	滞	净	输	径流总量	径流峰值	径流污染	
透水铺装	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	—
绿色屋顶	○	○	◎	◎	○	●	◎	◎	好
下沉式绿地	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	一般
生物滞留设施	○	●	◎	●	○	●	◎	●	好

续表

常用措施	功能				控制目标				景观效果
	蓄	渗	滞	净	输	径流总量	径流峰值	径流污染	
渗透塘	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	一般
渗井	○	●	◎	◎	○	●	◎	◎	—
湿塘	●	○	●	◎	○	●	●	◎	好
雨水湿地	●	○	●	●	○	●	●	●	好
蓄水池	●	○	◎	◎	○	●	◎	◎	—
雨水罐	●	○	◎	◎	○	●	◎	◎	—
调节塘	○	○	●	◎	○	○	●	◎	一般
调节池	○	○	●	○	○	○	●	○	—
转输型植草沟	◎	○	○	◎	●	◎	○	◎	一般
干式植草沟	○	●	○	◎	●	●	○	◎	好
湿式植草沟	○	○	○	●	●	○	○	●	好
渗管/渠	○	◎	○	○	●	◎	○	◎	—
植被缓冲带	○	○	○	●	—	○	○	●	一般
初期雨水弃流设施	◎	○	○	●	—	○	○	●	—
人工土壤渗滤	●	○	○	●	—	○	○	◎	好

注：●表示非常适合；◎表示适合；○表示不适合。

表 2-3 常用低影响开发技术措施适用工程情况一览表

单项设施	建筑	市政道路	绿地与广场
透水铺装	●	●	●
绿色屋顶	●	○	○
下沉式绿地	●	●	●
生物滞留设施	●	●	●
渗透塘	●	◎	●
渗井	●	◎	●
湿塘	●	◎	●
雨水湿地	●	●	●
蓄水池	◎	○	◎
雨水罐	●	○	○
调节塘	●	◎	●
调节池	◎	◎	◎
转输型植草沟	●	●	●
干式植草沟	●	●	●

续表

单项设施	建筑	市政道路	绿地与广场
湿式植草沟	●	●	●
渗管/渠	●	●	●
植被缓冲带	●	●	●
初期雨水弃流设施	●	◎	◎
人工土壤渗滤	◎	○	◎

注：●表示非常适用；◎表示适用；○表示不适用。

2.4 维护与管理

2.4.1 相关要求

2014 年 10 月，住房和城乡建设部出台的《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》对维护及管理相关的事项提出如下要求。

(1)公共项目的低影响开发设施由城市道路、排水、园林等相关部门按照各自职责分工负责维护监管。其他低影响开发雨水设施，由该设施的所有者或其委托方负责维护管理。

(2)应建立健全低影响开发设施的维护管理制度和操作规程，配备专职管理人员和相应的监测手段，并加强对管理人员和操作人员的专业技术培训。

(3)低影响开发雨水设施的维护管理部门应做好雨季来临前和雨季期间设施的检修和维护管理，保障设施正常、安全运行。

(4)低影响开发设施的维护管理部门应对设施的效果进行监测和评估，确保设施的功能得以正常发挥。

(5)应加强低影响开发设施数据库的建立与信息技术应用，通过数字化信息技术手段，进行科学规划、设计，并为低影响开发雨水系统的建设与运行提供科学支撑。

(6)应加强宣传教育和引导，提高公众对海绵城市建设、低影响开发、绿色建筑、城市节水、水生态修复、内涝防治等工作中雨水控制与利用的重要性的认识，鼓励公众积极参与低影响开发设施的建设、运行和维护。

2.4.2 设施维护

《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》对各种常用的低影响开发技术设施的维护管理给出了相应的主要注意事项,如下。

1. 透水铺装

- (1) 面层出现破损时应及时进行修补或更换;
- (2) 出现不均匀沉降时应及时进行局部整修找平;
- (3) 当渗透能力大幅下降时应采用冲洗、负压抽吸等方法及时清理。

2. 绿色屋顶

- (1) 应及时补种修剪植物、清除杂草、防治病虫害;
- (2) 溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时,应及时清理垃圾与沉积物;
- (3) 排水层排水不畅时,应及时排查原因并修复;
- (4) 屋顶出现漏水时,应及时修复或更换防渗层。

3. 生物滞留设施、下沉式绿地、渗透塘

- (1) 应及时补种修剪植物、清除杂草;
- (2) 进水口不能有效收集汇水面径流雨水时,应加大进水口规模或进行局部下凹等;
- (3) 进水口、溢流口因冲刷造成水土流失时,应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施;
- (4) 进水口、溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时,应及时清理垃圾与沉积物;
- (5) 调蓄空间因沉积物淤积导致调蓄能力不足时,应及时清理沉积物;
- (6) 边坡出现坍塌时,应进行加固;
- (7) 由于坡度导致调蓄空间调蓄能力不足时,应增设挡水堰或抬高挡水堰、溢流口高程;
- (8) 当调蓄空间雨水的排空时间超过 36h 时,应及时置换树皮覆盖层或表层种植土;
- (9) 出水水质不符合设计要求时应更换填料。

4. 渗井、渗管/渠

(1) 进水口出现冲刷造成水土流失时，应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施；

(2) 设施内因沉积物淤积导致调蓄能力或过流能力不足时，应及时清理沉积物；

(3) 当渗井调蓄空间雨水的排空时间超过 36h 时，应及时置换填料。

5. 湿塘、雨水湿地

(1) 进水口、溢流口因冲刷造成水土流失时，应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施；

(2) 进水口、溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物；

(3) 前置塘/预处理池内沉积物淤积超过 50% 时，应及时进行清淤；

(4) 防误接、误用、误饮等警示标识，护栏等安全防护设施及预警系统损坏或缺失时，应及时进行修复和完善；

(5) 护坡出现坍塌时应及时进行加固；

(6) 应定期检查泵、阀门等相关设备，保证其能正常工作；

(7) 应及时收割、补种修剪植物，清除杂草。

6. 蓄水池

(1) 进水口、溢流口因冲刷造成水土流失时，应及时设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施；

(2) 进水口、溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物；

(3) 沉淀池沉积物淤积超过设计清淤高度时，应及时进行清淤；

(4) 应定期检查泵、阀门等相关设备，保证其能正常工作；

(5) 防误接、误用、误饮等警示标识，护栏等安全防护设施及预警系统损坏或缺失时，应及时进行修复和完善。

7. 雨水罐

(1) 进水口存在堵塞或淤积导致的过水不畅现象时，应及时清理垃圾与沉积物；

(2) 及时清除雨水罐内沉积物；

(3)对于北方地区,在冬期来临前应将雨水罐及其连接管路中的水放空,以免受冻损坏;

(4)防误接、误用、误饮等警示标识损坏或缺失时,应及时进行修复和完善。

8. 调节塘

(1)应定期检查调节塘的进口和出口是否畅通,确保排空时间达到设计要求,且每场雨来临之前应保证排空;

(2)其他参照渗透塘及湿塘、雨水湿地等。

9. 调节池

(1)监测排空时间是否达到设计要求;

(2)进水口、出水口堵塞或淤积导致过水不畅时,应及时清理垃圾与沉积物;

(3)预处理设施及调节池内有沉积物淤积时,应及时进行清淤。

10. 植草沟、植被缓冲带

(1)应及时补种修剪植物、清除杂草;

(2)进水口不能有效收集汇水面径流雨水时,应加大进水口规模或进行局部下凹等;

(3)进水口因冲刷造成水土流失时,应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施;

(4)沟内沉积物淤积导致过水不畅时,应及时清理垃圾与沉积物;

(5)边坡出现坍塌时,应及时进行加固;

(6)由于坡度较大导致沟内水流流速超过设计流速时,应增设挡水堰或抬高挡水堰高程。

11. 初期雨水弃流设施

(1)进水口、出水口堵塞或淤积导致过水不畅时,应及时清理垃圾与沉积物;

(2)沉积物淤积导致弃流容积不足时应及时进行清淤等。

12. 人工土壤渗滤

(1)应及时补种修剪植物、清除杂草;

- (2) 土壤渗滤能力不足时，应及时更换配水层；
- (3) 配水管出现堵塞时，应及时疏通或更换等。

2.4.3 维护频次

低影响开发设施的常规维护频次及时间要求见表 2-4。

表 2-4 低影响开发设施常规维护频次

低影响开发设施	维护频次	备 注
透水铺装	检修、疏通透水能力 2 次/年(雨季之前和期中)
绿色屋顶	检修、植物养护 2~3 次/年	初春浇灌(浇透)1 次，雨季期间除杂草 1 次，北方气温降至 0℃前浇灌(浇透)1 次；视天气情况不定期浇灌植物
下沉式绿地	检修 2 次/年(雨季之前、期中)，植物生长季节修剪 1 次/月	指狭义的下沉式绿地
生物滞留设施	检修、植物养护 2 次/年(雨季之前、期中)	植物栽种初期适当增加浇灌次数；不定期的清理植物残体和其他垃圾
渗透塘	检修、清淤 2 次/年(雨季之前、之后)，植物修剪 4 次/年(雨季)	不定期的清理植物残渣和其他垃圾
渗井	检修、清淤 2 次/年(雨季之前、期中)
湿塘	检修、植物残体清理 2 次/年(雨季)，植物收割 1 次/年(冬季之前)，前置塘清淤(雨季之前)
雨水湿地	检修、植物残体清理 3 次/年(雨季之前、期中、之后)、前置塘清淤(雨季之前)
蓄水池	检修、淤泥清理 2 次/年(雨季之前和期中)	每次暴雨之前预留调蓄空间
雨水罐	检修、淤泥清理 2 次/年(雨季之前和期中)	每次暴雨之前预留调蓄空间
调节塘	检修、植物残体清理 3 次/年(雨季之前、期中、之后)，植物收割 1 次/年(雨季之后)，前置塘清淤(雨季之前)
调节池	检修、淤泥清理 1 次/年(雨季之前)
植草沟	检修 2 次/年(雨季之前、期中)，植物生长季节修剪 1 次/月
渗管/渠	检修 1 次/年(雨季之前)
植被缓冲带	检修 2 次/年(雨季之前、期中)，植物生长季节修剪 1 次/月
初期雨水弃流设施	检修 1 次/月(雨季之前)
人工土壤渗滤	检修 3 次/年(雨季之前、期中、之后)，植物修剪 2 次/年(雨季)

2.4.4 风险管理

(1) 雨水回用系统输水管道严禁与生活饮用水管道连接。

(2) 地下水位高及径流污染严重的地区应采取有效措施防止下渗雨水污染地下水。

(3) 严禁向雨水收集口和低影响开发雨水设施内倾倒垃圾、生活污水和工业废水，严禁将城市污水管网接入低影响开发设施。

(4) 城市雨洪行泄通道及易发生内涝的道路、下沉式立交桥区等区域，以及城市绿地中湿塘、雨水湿地等大型低影响开发设施应设置警示标识和报警系统，配备应急设施及专职管理人员，保证暴雨期间人员的安全撤离，避免安全事故的发生。

(5) 陡坡坍塌、滑坡灾害易发的危险场所，对居住环境以及自然环境造成危害的场所，以及其他有安全隐患的场所不应建设低影响开发设施。

(6) 严重污染源地区(地面易累积污染物的化工厂、制药厂、金属冶炼加工厂、传染病医院、油气库、加油加气站等)、水源保护地等特殊区域如需开展低影响开发建设的，还应开展环境影响评价，避免对地下水和水源地造成污染。

(7) 低影响开发雨水设施的运行过程中需注意防范以下风险：

① 绿色屋顶是否导致屋顶漏水；

② 生物滞留设施、渗井、渗管/渠、渗透塘等渗透设施是否引起地面或周边建筑物、构筑物坍塌，或导致地下室漏水等。

2.5 低影响开发实例

低影响开发设施往往具有补充地下水、集蓄利用、削减峰值流量及净化雨水等多个功能，可实现径流总量、径流峰值和径流污染等多个控制目标。目前，低影响技术已在国内外多个地方进行了实际应用。

2.5.1 南宁那考河、南湖公园

拥有“中国绿城”、联合国人居奖城市、国家森林城市等“亮丽名片”的南宁市位于我国南方多雨地区，市区降雨量大、降雨天数多、土壤常年保持湿润、地下水位高。

南宁市建设海绵城市主要目的之一就是变工程治水为生态治水，雨时能积水、吸水、渗水，促进城市水流更顺畅。污水就近截流进入污水处理厂，同时雨水通过自然积存、自然渗透、净化等措施，使得污水、雨水经处理达标后就近给河道补水，确保河道常年水体平衡。

1. 那考河

那考河是南宁内河竹排江上游两大支流之一。以前，河道沿岸有 40 个污水直排口，污染严重，水质多为劣五类，极大地影响了下游竹排江、南湖的水质，加上垃圾及施工弃土堆放挤占河道，导致行洪不畅，经常造成上游内涝。

那考河综合整治 PPP 项目自 2015 年 3 月底开工，治理河道全长约 6.35 公里，总投资约 11.9 亿元(含征地拆迁费用)。通过采取河道治理、截污治污、河道补水、景观环境、海绵建设、信息化管理等措施，彻底改变药用植物园段河道及其周边的环境状况，河道水质清澈、两岸环境美化。经过 1 年多的建设，那考河项目从 2016 年 11 月下旬开始进入为期 3 个月的试运行阶段，并预计在 2017 年 3 月正式运行。

那考河经过综合治理，已经“变身”为岸绿景美的湿地公园，如图 2-9 所示。走近河岸，只见鸟语花香、流水潺潺，更令人惊喜的是，水质非常清澈，可以清晰地看到河底的水草、卵石等。



图 2-9 那考河湿地公园俯瞰图

利用河道两侧的净水梯田、连片植物打造出美丽的湿塘，对沿河两岸的初期雨水进行吸纳、蓄渗和缓释、利用，重构人水和谐的生态“海绵体”，如图 2-10、图 2-11 所示。



图 2-10 净水梯田



图 2-11 湿塘

河道两岸及周边片区的污水通过截污管道进入新建的污水处理厂,经湿地生态净化后达到地表水 IV 类标准,排入河道作为补水水源,如图 2-12 所示。



图 2-12 生态湿地

2. 南湖公园

据了解,南湖公园于 1973 年建园,总面积 192 公顷,其中陆地面积 85 公顷,水体面积 107 公顷。南湖公园是南宁市民和游客重要的休闲娱乐场地,也是重大节日举行游园文化活动的重要场所,每年有许多党政领导和大批中外嘉宾来此参观考察、游览,年接待游客量约 1000 万人次。但由于年久失修,大雨过后,公园内经常出现多处积水,难以正常活动。

南湖公园是南宁市海绵化改造的示范项目之一,南湖公园于 2015 年起有序布局海绵化改造,包括滨湖广场海绵化改造、环湖路海绵化改造、综合改造提升以及水质改善 4 个项目,改造后的环湖路路面已达到小雨不湿鞋、中雨不积水、大雨不内涝的效果,如图 2-13~图 2-16 所示。



图 2-13 南湖公园透水车行道(环湖路)



图 2-14 南湖公园透水广场



图 2-15 南湖公园雨水湿地



图 2-16 南湖公园下沉式绿地

2.5.2 深圳光明新区

光明新区是全国首个也是唯一的低影响开发雨水综合利用示范区，面积 156 平方公里，人口 48 万人。区域年均降雨量 1935 毫米，汛期暴雨集中，一方面极易产生城市内涝，全区有 26 个易涝点；另一方面严重缺水，70% 以上的用水依靠境外调水。

为此，深圳市光明新区管委会调整了雨水控制机制，遵循源头控制、生态治理的原则，利用透水铺装、下凹绿地、人工湿地、地下蓄水池等措施，建设海绵城市，提高雨水径流控制率，扭转城市“逢雨必涝、雨后即旱”的困境。

(1) 下沉式绿地

光明新区体育中心大部分绿地采用了下沉式绿地设计，绿地部分以雨水下渗为主，用绿地涵养水源，减少绿化灌溉用水量，绿地周围铺装地面高于绿地 50~200mm，并坡向绿地，如图 2-17 所示。



图 2-17 光明新区体育中心下沉式绿地

(2) 渗透铺装

渗透铺装按照材料不同可分为透水砖铺装、透水水泥混凝土铺装和透水沥青混凝土铺装，嵌草砖、碎石铺装等也属于透水铺装，它具有很强的透水能力，可补充地下水，增加区域地下含水量，具有一定的峰值流量削减和雨水净化作用，如图 2-18 所示。

光明新区高铁站站前广场道路主要采用了如下低影响技术。

(1)透水沥青路面

该道路采用透水沥青路面，路面下铺设了排水花管将路面下渗的雨水排入道路两侧下沉式绿化带中。

(2)下沉式绿化带

道路两侧的绿化带和中央绿化带均采用了下沉式绿地(一般采用耐旱耐涝的美人蕉、黄昌、再力花、菖蒲等)，其中中央绿化带和道路两侧绿化带设置了雨水算，雨水算高出绿地约 200mm，雨季初期雨水先通过绿地下渗入地下，雨量大时雨水通过绿化带内雨水算进入雨水管道系统，如图 2-19～图 2-22 所示。



图 2-18 光明新区体育中心透水停车场

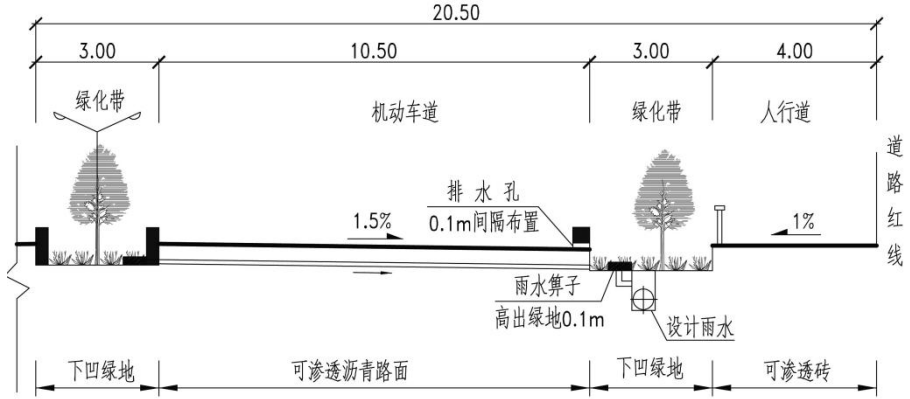


图 2-19 光明新区高铁站站前道路断面示意图



图 2-20 站前广场道路透水沥青路面



图 2-21 道路旁开孔路缘石

(3) 植草沟、滞留塘

主要措施：植草沟、滞留塘(耐旱耐涝的美人蕉、黄昌、再力花、菖蒲等)等，如图 2-23、图 2-24 所示。

成效：径流系数控制在 0.1。年收集回用雨水 1.5 万立方米，回补地下水 25 万立方米。

案例：光明新城公园(面积 59 万平方米)。



图 2-22 道路两侧下沉式绿化带



图 2-23 光明新城公园植草沟



图 2-24 光明新城公园滞留塘

(4) 人工湿地、调蓄池

主要措施：调蓄池、人工湿地(美人蕉，再力花，菖蒲)等，如图 2-25、图 2-26 所示。



图 2-25 明湖城市公园人工湿地



图 2-26 明湖城市公园调蓄池

成效：确保湖体水质达到地表水Ⅳ类标准。

案例：明湖城市公园。

2.5.3 合肥市滨湖新区

合肥市滨湖新区水系较多，南依巢湖，规划用地面积 196 平方公里，水环境是该区最大亮点，也是治理难点。其主要水环境问题如下：

- ① 河流客水少，水资源短缺；
- ② 土地利用力度加大，面源污染成为点源控制后的主要来源；
- ③ 再生水厂尾水无法满足景观水体水质要求；
- ④ 水体封闭或水流缓慢，富营养化严重，生态景观功能差。

为改善巢湖水质，以入湖河流氮磷等污染负荷削减为重点，滨湖新区开展了低影响开发、景观水体生态补水净化等关键技术研究，通过工程示范，制定了集雨水、污水、地表水在内的新区低影响开发和水环境整治技术方案，支撑依托工程，降低与消纳新区污染负荷的增长，削减新区建设对受纳水体的影响，保护巢湖。

(1) 植草沟

植草沟系统对径流量消减率 35.5%，对 COD、TSS、TP、TN 及氨氮等的去除率在 30%以上，如图 2-27 所示。



图 2-27 植草沟

(2) 生物滞留技术

生物滞留池系统对径流氨氮、硝态氮的平均去除率在 60%以上，如图 2-28 所示。



图 2-28 生物滞留池

(3) 初期雨水处理

采用的处理措施有硅藻土水体净化技术和对塘西河进行雨水调蓄，如图 2-29 所示。



图 2-29 初期雨水调蓄池

(4) 雨水湿地

在两大道路形成了 100000m^2 的景观水体，构建了稳固的湖岸景观带与挺水植物的建群，如图 2-30 所示。



图 2-30 滨湖新区雨水湿地

2.6 小 结

低影响开发是指在城市开发建设过程中采用源头削减、中途转输、末端调蓄等多种手段，通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术，实现城市良性水文循环，提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力，维持或恢复城市的“海绵”功能。

常用的低影响开发技术有透水铺装、绿色屋顶、下沉式绿地、生物滞留池、渗透塘、渗井、湿塘、雨水湿地、蓄水池、雨水罐、调节池、调节塘、植草沟、渗管、渗渠、植被缓冲带、初期雨水弃留设施、人工土壤渗滤等措施，可归纳为渗透措施、储存措施、调节措施、转输措施和截污净化措施 5 大类。

在选择具体设施时应结合工程的特点、功能要求、工程周边条件等，从经济性、适用性、景观效果、维护管理等多个方面综合考虑，做到因地制宜，灵活选用低影响开发设施及其组合系统。

第 3 章 中山市自然条件分析

3.1 区域位置

中山市地处广东珠江三角洲中南部，西、北江下游出海处，北接广州市番禺区和佛山市顺德区，西邻江门市区、新会区和珠海市斗门区，东南接珠海市，东隔珠江口伶仃洋与深圳市和香港特别行政区相望，如图 3-1 所示。



图 3-1 中山市区域位置示意图

中山市是广东省所管辖的地级市，全市陆域总面积约 1800km²、海域总面积约 176km²。主城区由石岐区、东区、南区和西区等组成，位于中山市的中部，南面是五桂山风景区，中山母亲河——岐江河从西北侧穿过，地势南高北低。

3.2 自然条件

中山市地处低纬度地区，全境均在北回归线以南，属亚热带季风气候，光热充足，雨量充沛。年平均气温为 22.1 度，月平均气温以 1 月最低，为 13.8 度，7 月最高，为 28.6 度。极端最高气温 38.7 度(2005 年 7 月 18~19 日)，极端最低气温-1.3 度(1955 年 1 月 12 日)，年平均雷暴日数为 73.3 天。市境因濒临南海，夏季风带来大量水汽，成为降水主要来源，年平均降水量为 1875.3 毫米，见表 3-1。影响中山的灾害天气有台风、暴雨、低温、霜冻、低温阴雨、干旱和雷暴。

中山属于丰水地区，多年平均降水量达 29.18 亿立方米，西江和北江流经该市的磨刀门、横门、洪奇沥，多年平均径流总量 2241 亿立方米。

表 3-1 中山市水务局官网公布的代表站历年年降水量表

单位：mm

年度	代表站							
	小榄	长江	横门	三乡	逸仙	神湾	灯笼山	马鞍
2009	1728.0	2344.0	1801.0	2306.0	2201.5	2523.5	2003.0	1479.0
2010	1898.5	1859.5	1478.0	2038.0	2059.5	2160.5	1846.5	1847.5
2011	1160.5	1499.0	1230.0	1697.0	1638.0	1455.0	1557.0	997.5
2012	1836.0	2202.5	1769.0	2106.5	2152.5	2359.5	1836.5	2118.0
2013	1890.5	2431.0	2208.5	2628.5	2730.0	2768.5	2376.0	1712.5
2014	1649.0	1504.0	1637.0	1632.0	1907.0	1768.5	1751.0	1672.0

中山市位于珠江三角洲中南部，东临伶仃洋，珠江八大出海水道中有磨刀门、横门、洪奇沥等三条经市境出海，河网密集，纵横交错，河网密度达 0.9~1.1km/km²。各水道和河涌承纳了西、北江来水，每年 4 月开始涨水，10 月逐渐下降，汛期达半年以上。东北部是北江水系的洪奇沥水道；中部是东海水道，下分支鸡鸦水道和小榄水道，汇合注入横门水道；西部为西

江干流，在磨刀门出海。还有黄圃水道、黄沙沥等互相沟通，形成了纵横交错的河网地带。

3.3 地形地貌

地形以平原为主，地势中部高亢，四周平坦，平原地区自西北向东南倾斜。五桂山、竹嵩岭等山脉突屹于市中南部，五桂山主峰海拔 531m(以下均为 1985 国家高程基准)，为全市最高峰，面积 42.31km²。地貌由大陆架隆起的低山、丘陵、台地和珠江口冲积平原、海滩组成。

中山市境内地形由大陆架隆起的山地丘陵、台地、冲积平原和海涂组成，多数土地为珠江三角洲冲积平原。平原约占全市市域面积 68%，丘陵山地占 24%，河流占 8%。中部是以五桂山为主的丘陵台地，主峰海拔 531m，北部和南部为开阔的冲积平原，其高程一般为 1985 国家高程基准(下同)±0~2.1m 之间。

主城区为围绕五桂山北面的三角洲冲积平原地区，以及西部和南部的低山丘陵台地，地势南高北低，平原冲积层厚度 20~30m，其间多夹有淤泥层，地质条件较差。主城区现状建成区城市化面积较大，完善度较高，新的城市道路建设与地块建设标高基本控制在 2.8m 以上，部分老城区城中村等受原有建设标准影响，地坪标高略低，新建设城市用地标高都能满足 2.8m 控制标高以上，尚未建设的农田鱼塘及乡村旧貌地区地势较低，部分低洼地区还在 1~2m。

中山市城区地势南高北低，南部的五桂山山脉易造成山洪，山洪沿山体倾泄至低平地区，使得洪峰来势快、来势猛，同时，中山市地处珠江三角洲河网区下游，暴雨时外河水位上涨，极易形成河水顶托现象，不利于雨水的外排，因此，采用储存等措施调节峰现时间，可以缓解中山市城区的内涝现象。

3.4 地下水位

中山市位于珠江三角洲冲积平原地带，区域上属于海陆交互沉积平原地貌单元。全市(五桂山除外)大部分建设用地的地势较低(一般 2.5~3.4m)，

场地土层自上而下一般可分为：人工填土、素填土、淤泥质土层、粉质粘土、砂层、岩石。大部分场地淤泥层较厚，局部地块可达十几米。

多数场地均为软弱土层，承载力低，且地下水含水量大，地下水的补给来源以附近河涌、地下径流和大气降水为主，稳定地下水位埋深为 0.30~2.4m。

3.5 雨水径流计算

依据《室外排水设计规范(2016 版)》(GB50014—2006)，设计雨水径流量按下式计算：

$$Q = \Psi q F$$

其中：

Q 为设计雨水径流量(L/s)；

Ψ 为径流系数，城市建筑密集区(城市中心区)取 0.6~0.85；城市建筑较密集区(一般规划区)取 0.45~0.6；城市建设稀疏区(公园、绿地等)取 0.2~0.45；

F 为汇水面积(ha)；

q 为暴雨强度[L/(s·ha)]，按 2016 年 2 月 2 日中山市城乡规划局在其官网公示的《中山市城市规划技术标准与准则》，五桂山以北地区采用以下公式计算：

$$q = \frac{1829.552(1 + 0.444 \lg p)}{(t + 6.0)^{0.591}} (\text{L/S} \cdot \text{ha})$$

其中：

t 为降雨历时(min)， $t = t_1 + t_2$ ；

t_1 为地面集水时间(min)，视距离长短、地形坡度和地面覆盖情况而定，一般采用 5~15min；

t_2 为管渠内雨水流动时间(min)；

P 为设计重现期(年)，一般地区取 2 年，低洼、易淹和重要地区采用 3~5 年，特别重要的地区可取 10 年以上；

地面集水时间 t_1 ，我国目前多不经过计算，凭经验取值。城镇中已开发地区的排水管道较为密集，雨水在地表流动时间相对较短(大多短于 5min)，因此地面集水时间是否经过计算对最终计算结果影响不大；而在未开发地

区,雨水往往需要在地表流动较长时间才能形成明渠流或进入管道,因此有必要准确计算地面集水时间。地面集水时间应根据汇水距离、地形坡度、地面种类和暴雨强度等因素通过计算确定,可采用5~15min。当地面汇水距离不超过90m时,可按式计算:

$$t_{1,a} = \frac{0.13(n \cdot L)^{0.6}}{q^{0.4} S^{0.3}}$$

地面汇水距离超过90m的部分,可按式计算:

$$t_{1,b} = \frac{L}{kS^{0.5}}$$

其中:

N 为粗糙系数;

L 为地面集水距离(m);

S 为地面坡度(m/m);

k 为地面截留系数,铺装表面(混凝土、沥青或砖石)取20.3,未铺装表面取16.1。

3.6 城市排水现状

中山市目前城市内涝情况形势严峻,在短历时暴雨时局部地块容易发生内涝,《中山市基于“海绵城市”理念下的市政项目优化设计研究》根据自1992年至今的内涝统计数据,对中山市建成区内涝原因进行分析,得出内涝的主要原因如下。

(1) 降雨强度增大

由于城市化发展诱发的“热岛效应”改变了降雨的时空分布,在城区形成“雨岛”。高强度降雨的总时次数均有上升趋势,强降水发生概率的提高增加了内涝灾害发生频率及强度。

(2) 河流汛期水位高于城市建成区标高,暴雨期间雨水不能自流入河而导致内涝。

(3) 地面硬化率高,渗水面积大幅度减少

中山市现状地面基本采用混凝土或沥青硬化,铺设成广场、商业街、人行道、停车场、社区活动场地。不透水面积迅速增加,导致汇水面积上平均径流系数增大,地面的渗水能力差,相同降雨形成的径流量增大。

(4) 雨水管渠设计标准偏低

中山市中心城区内的雨水管道工程大部分是根据《室外排水设计规范(2011年版)》(GB50014—2006)或更早的规范版本采用排涝标准。据调查,中山市目前普遍采取标准规范的下限。老城区的重点区域甚至比规范规定的下限还要低,有些甚至达不到一年一遇,一旦降雨超标,路面就会产生积水。现有的排水系统只能应对小到中雨的降雨规模,遇到超出管渠设计标准的大雨、暴雨、特大暴雨,势必造成内涝发生。

(5) 地下排水管网乱接现象严重

经管线普查资料分析,地下雨水排水管道工程存在标高逆接的问题,排水方向与排水管道坡向相反,导致雨水在通过排水管道时,不能利用水力条件重力流顺坡排放,只能通过重力水头压力流强行排放,大大降低排水管道的排水能力,导致排水管网的排水能力不足。

(6) 管网管理维护不到位

据实地调查,中山市中心城区排水管道部分存在淤积、堵塞现象,由于管护不到位,导致城市内部管渠和外围河流水系淤积、淤塞严重,过水能力大大降低。

(7) 天然地形地貌遭到改变

在自然的状态下,天然的沟塘河渠都有排洪的能力,天然的森林植被和湿地有涵养水源的价值。因缺乏科学论证而盲目填水挖山、土地高强度开发,导致不少作为排洪命脉的河道被填平,具有蓄水作用的湿地被开发,建成楼房和道路,原有的自然水系遭到破坏,原有的排洪通道填掉了,不仅调蓄容量变小了,洪水出路也减少了。

(8) 地面沉降影响排水

由于路面施工、路面日常维护缺失等原因,造成地面沉降,不仅使地面积水、排水困难,而且造成雨水流向发生变化,有些原排水管道设计的顺坡变成逆坡。地面沉降大大降低了排水管道的排水能力,一遇暴雨就出现排水不畅,造成大面积积水现象。

3.7 水环境分析

降雨初期雨水污染物浓度持续较高的径流量是城市非常严重的非点源污染问题。城市降雨初期,雨水径流冲刷城市路面、建筑物、废弃物等之

后,携带氮氧化物、重金属、有机物以及病原体等污染物质进入地表水体,造成城市河流污染,严重影响了城市内河的水环境。一般来说,城市雨水径流中的污染物主要来自以下三方面:大气污染、地面污染和城市污水入流污染。

(1) 大气污染

大气污染是雨水污染的背景。落到地面之前的雨水,在淋洗大气过程中,其含有的杂质主要是空气中的尘埃和大气污染物。这部分污染主要以 SS 和 COD 为主,其他污染物浓度较低。

(2) 地表污染

地表污染是雨水径流污染的主要污染源。雨水落到地面后对地面冲刷形成径流,径流中的污染物浓度受路面性质、路面污染物积累状态的影响。

(3) 城市污水入流污染

城市污水入流污染由两部分组成,一部分是污水直接污染,另外则是排水系统中的沉积物及外溢至路面的污水的污染。受城市排水体制及排水设施监督管理的影响,污水入流造成径流后的雨水水质恶劣。以上污染源中,污水入流对雨水径流造成的污染最大,这部分污染必须从城市排水体制、雨污水管道的衔接上进行控制。

中山市雨水污染主要来自地表污染,大气污染和城市污水入流污染相对较少。而地表污染主要体现为初期雨水径流污染,其污染来源主要包括屋面雨水和道路雨水。

3.8 相关设计指标

根据《中山市中心城区低冲击(低影响)开发规划》,规划期流量综合径流系数目标值为小于或等于 0.45,远景流量综合径流系数目标值应小于或等于 0.41。

《中山市城市排水(雨水)防涝综合规划》给出的中山内涝防治标准要求中山市中心的石歧区、东区、南区、西区及火炬区,采用 30 年一遇 24 小时持续暴雨不致灾的标准。同时道路积水深度需满足:一般地区积水深度超过 15cm 的时间不超过 60min,下凹桥区积水深度超过 30cm 的时间不超过 60min。

3.9 小 结

中山市城区地势南高北低，南部的五桂山山脉易造成山洪，山洪沿山体倾泄至低平地区，使得洪峰来势快、来势猛，同时，中山市地处珠江三角洲河网区下游，暴雨时外河水位上涨，极易形成河水顶托现象，不利于雨水的外排，因此，采用储存等措施调节峰现时间，可以缓解中山市城区的内涝现象。

初期雨水污染，尤其是流过市政道路等的初雨污染较严重，对河涌的水质有一定的影响，通过低影响开发的截污净化措施，如植被缓冲带、初期雨水弃留设施，对河涌的水质改善具有一定的积极意义。

第 4 章 低影响开发的技术应用

课题的研究意义就是为更好地将低影响开发技术应用到市政工程项目建设中，从而加快低影响开发技术在中山市市政工程项目中的应用。

4.1 项目选择范围

为了便于研究资料的收集和后续的跟踪分析，提高研究的可操作性，结合研究人员在中山市市政工程建设中心工作的实际情况，确定研究项目均来源于中山市市政工程建设中心所负责的市政工程项目。

根据中山市市政工程建设中心项目安排进度计划，2016 年下半年及 2017 年计划动工项目约有 31 项，项目主要情况详见表 4-1。

表 4-1 2016 年下半年及 2017 年计划动工项目

序号	项目名称	建设内容	进展情况	动工时间
1	古香林郊野公园	包括公园及外围 24 米道路。其中公园用地面积 277004 平方米(415 亩)，公园北侧设置 24 米宽规划道路，全长约 976 米	初步设计	2016 年第四季度
2	金字塔公园	用地 255080.8 平方米，公园停车场 18805.2 平方米	施工图设计	2016 年第四季度
3	新增金钟水库临时停车场工程	临时停车场占地面积 5547.4 平方米，增加停车位约 180 个	施工招标	2017 年上半年
4	金钟湖公园	主要建设内容为利用现状金钟水库绿道为基础，提升金钟水库绿道及周边设施建设。配套园路、栈道、功能建筑、环卫设施、标识系统、监控系统、广播系统等设施	正在编制可研报告	2017 年下半年
5	银湾路延长段道路(改造)工程(A 段)	全长 335 米，宽 24 米	征地问题解决即可入场动工	
6	东苑南路延长段	全长 950 米,路幅 34 米	施工图审查	2016 年第四季度
7	博爱路与翠景路交叉路口立交工程	全长 870 米，在博爱路增加一层上跨直行+地面平交工程	预算审核	2016 年第四季度
8	轩朗路	全长 1302 米，宽 24 米	施工报建	2016 年第四季度

续表

序号	项目名称	建设内容	进展情况	动工时间
9	市汽车总站人行立体过街及相应市政道路拓宽改造工程	新增汽车总站人行立体过街设施建设，对富港路进行拓宽改造	设计招标	2017 年上半年
10	翠屏路道路工程	长度 1872.275 米,红线宽度 24 米	初步设计	2017 年上半年
11	翠沙路接 105 国道道路工程	全长 151 米，宽 40 米	施工招标	2017 年上半年
12	西区裕福南路工程	工程全长 1500 米，规划红线宽 24 米	正在开展可研编制	2017 年上半年
13	倚江路道路工程	长度 1385 米,红线宽度 24 米	施工图审查	2017 年上半年
14	南区沿江路中心区东段(改造)工程	长度 1348 米,红线宽度 24 米	施工图审查	2017 年上半年
15	新增南区连接金钟水库绿道工程	金钟水库出口段(水库大楼)绿道改线，全长 324 米	施工图设计	2017 年上半年
16	金钟水库出口段绿道改线工程	新增金钟水库现状绿道西侧新建连接南区 4 米绿道，全长 902 米	施工图设计	2017 年上半年
17	中山市博爱路银通街交叉口立交工程	改造范围长度约 1100 米，含一座下穿车行隧道	施工图设计	2017 年上半年
18	东明北等道路交通设施改造工程	改造道路全长 9.92km，红线宽度为 40 米和 32 米	施工图设计	2017 年上半年
19	景观路(博爱路至长江路浪漫水城段)改造工程	全长 3079 米，宽 42/47/54 米	施工图设计	2017 年上半年
20	康景路(翠景道至康华路)(37 号)道路工程	西起翠景北路，东至康华西路，全长约 3500 米，新建道路部分宽度为 32 米，港口河桥改造部分宽度为 49.5 米	施工图设计	2017 年上半年
21	东文路延长段交汇处改造工程	11800 平方米	初步设计	2017 年上半年
22	中山市南区恒和街道路改造工程	全长 636 米，宽 24 米	中介预算	2017 年上半年
23	东区齐学路道路工程	路线全长约 649.5 米，道路路幅 24 米，为城市次干道，按双向四车道设计	勘察设计招标	2017 年上半年
24	南沙路	长度 433 米,红线宽度 24 米	初步设计	2017 年上半年
25	南外环与东苑南路立交匝道工程	工程全长 1482 米，规划红线宽 8.5 米	需开展可研修编和设计修改	2017 年下半年
26	岐安路道路工程	全长 1000 米，规划红线宽 24 米	需开展可研修编和设计修改	2017 年下半年

续表

序号	项目名称	建设内容	进展情况	动工时间
27	江员路(青溪路至合益路)道路工程	全长 386 米, 宽 24 米	初步设计	2017 年下半年
28	青溪路(莲员西路至康华路)改造工程	全长 2413 米, 双向 4 车道, 规划路幅宽度 24 米	初步设计	2017 年下半年
29	华柏路	长度 945 米, 红线宽度 30 米	初步设计	2017 年下半年
30	东苑南路(城桂路至沙石公路段)工程	道路工程全长 935 米, 道路红线宽度 24 米	正在编制可研报告	2017 年下半年
31	黑臭水体整治工程	员峰新涌、渡头涌、大潞涌程、莲兴涌水体整治工	正在施工招标	2016 年第四季度或 2017 年上半年
		马恒河、羊角涌、白沙湾工业明渠水体整治工程	施工图设计	

4.2 低影响技术试点项目

4.2.1 项目进展情况

通过对中山市市政工程建设中心进行梳理, 统计出 2016 年下半年及 2017 年计划动工项目共有 31 项工程, 其中公园类项目 4 项, 市政道路类项目 26 项, 水体整治工程 1 项。

(1) 公园类

近期计划建设公园有 3 项(古香林郊野公园、金字山公园、金钟湖公园), 其中古香林郊野公园已完成初步设计, 金字山公园已完成施工设计, 只有金钟湖公园正在编制可行性研究报告。

(2) 市政道路类

近期建设 26 项市政道路类项目中大部分处于初步设计、施工图设计阶段, 只有西区裕福路工程、南外环与东苑南路立交匝道工程、东苑南路(城桂路至沙石公路段)工程、岐安路道路工程共 4 项正在编制可研报告或修编可研报告。

(3) 水体整治工程

近期实施的员峰新涌、渡头涌、莲兴涌等水体整治工程目前均处于施工招标及施工图设计阶段。

4.2.2 选择项目原则

(1)项目近期会实施

考虑到课题研究的意义主要是为以后的建设项目采用低影响技术提供参考，因此在选择项目时，应考虑项目于近期(2017 年)实施。

(2)项目处于可研阶段

低影响开发设施应与建设项目的主体工程同时规划设计、同时施工、同时投入使用，因此只选择正在进行可研方案编制阶段的项目进行研究。

4.2.3 项目选择结论

根据统筹建设的原则，本次低影响开发技术在中山市市政工程项目的应用研究只针对中心城区处于可行性研究报告的市政项目，根据上述项目选择原则，经梳理，选取如下 5 个项目进行应用低影响技术研究，见表 4-2。

表 4-2 拟采用低影响技术市政项目

序号	项目名称	建设内容
1	南外环与东苑南路立交匝道工程	工程全长约 1482 米，规划红线宽 8.5 米。
2	金钟湖公园	主要建设内容为利用现状金钟水库绿道为基础，提升金钟水库绿道及周边设施建设。配套园路、栈道、功能建筑、环卫设施、标识系统、监控系统、广播系统等设施。
3	西区裕福南路工程	工程全长约 1500 米，规划红线宽 24 米。
4	东苑南路(城桂路至沙石公路段)工程	道路工程全长 935 米，道路红线宽度 24 米。
5	岐安路道路工程	长约 1000 米，规划红线宽 24 米。

下面分别对上述 5 个项目进行相关低影响技术的论证。

4.3 南外环与东苑南路立交匝道工程

4.3.1 项目概况

南外环与东苑南路立交匝道工程为东苑南路下穿南外环，项目主要由 4 条匝道组成，项目总体布置图如图 4-1 所示。



图 4-1 南外环与东苑南路立交匝道工程总体布置图

4.3.2 低影响技术应用

本项目 4 条匝道全长约 640m，宽度均为 7m，同时匝道根据地势共设计了 6 条边沟，车行道至边沟的边坡宽度约 0.5~3.2m，如图 4-2 所示。

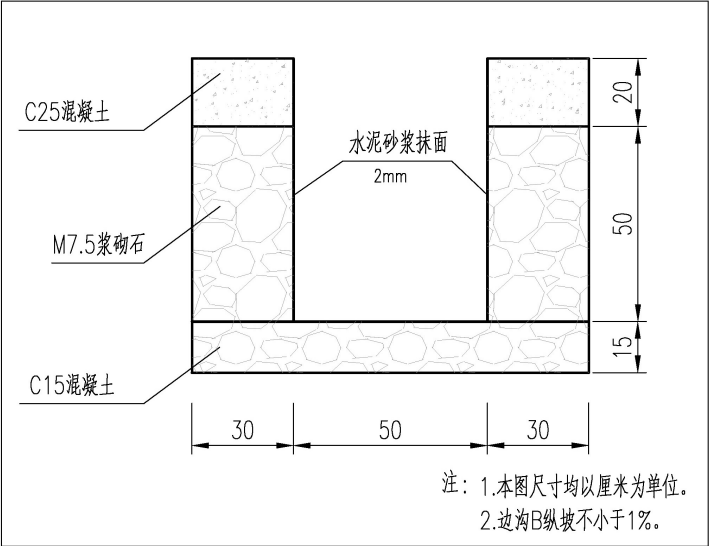


图 4-2 南外环与东苑南路立交匝道边沟(已设计)

1. 低影响技术可行性分析

根据本项目的实际特点，本工程初步选择如下 4 种低影响技术进行分析：

(1) 雨水罐

1) 简介

在地势较低处采用雨水罐收集 4 条匝道雨水，收集后的雨水经沉淀净化后回收利用。

2) 可行性分析

由于本项目 4 条匝道总汇水面积约 0.42ha，面积偏小，可收集雨水量较少，不适宜采用雨水灌收集雨水再利用。

(2) 植草沟

1) 简介

考虑匝道为机动车道，汽车尾气等造成的路面污染较严重，拟选用植草沟取代原设计的浆砌块石边沟，既能满足排水要求，又能通过植被净化水质。

2) 可行性分析

植草沟既经济又环保，本项目可以采用植草沟技术。

(3) 植被缓冲带

1) 简介

植被缓冲带可以截留部分路面雨水污染物，净化水质。

2) 可行性分析

由于匝道边坡较陡(>6%)，宽度较窄(约 2m)，故不宜采用植被缓冲带技术。

(4) 初期雨水弃流设施

1) 简介

通过一定方法或装置将初期污染物浓度较高的降雨予以清除。

2) 可行性分析

本项目 4 条匝道汇水面积偏小，不适宜采用初期雨水弃流设施。

通过以上分析可知，本工程适宜采用植草沟代替浆砌块石边沟，见表 4-3。

表 4-3 低影响技术应用情况分析

序号	低影响技术	是否宜在本工程应用
1	雨水罐	不宜
2	植草沟	可以应用

续表

序号	低影响技术	是否宜在本工程应用
3	植被缓冲带	不宜
4	初期雨水弃流设施	不宜

2. 植草沟概念与构造

(1) 概念与构造

植草沟指种有植被的地表沟渠，可收集、输送和排放径流雨水，并具有一定的雨水净化作用，可用于衔接其他各单项设施、城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统，如图 4-3～图 4-5 所示。除转输型植草沟外，还包括渗透型的干式植草沟及常有水的湿式植草沟，可分别提高径流总量和径流污染控制效果。

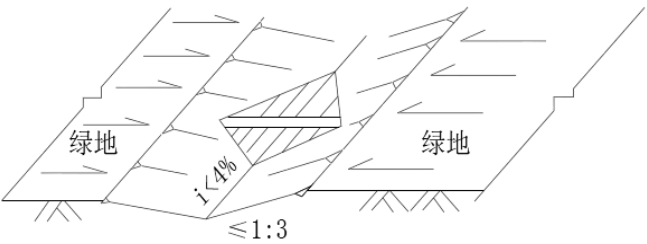


图 4-3 转输型植草沟构造示意图



图 4-4 植草沟实景图(一)



图 4-5 植草沟实景图(二)

植草沟应满足以下要求。

- 1) 浅沟断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形。
- 2) 植草沟的边坡坡度(垂直:水平)不宜大于 1:3,纵坡不应大于 4%。纵坡较大时宜设置为阶梯型植草沟或在中途设置消能台阶。
- 3) 植草沟最大流速应小于 0.8m/s,曼宁系数宜为 0.2~0.3。
- 4) 转输型植草沟内植被高度宜控制在 100~200mm。

(2) 适用性

植草沟适用于城市道路及城市绿地等区域,建筑与小区内道路,广场、停车场等不透水面的周边,也可作为生物滞留设施、湿塘等低影响开发设施的预处理设施。植草沟也可与雨水管渠联合应用,场地竖向允许且不影响安全的情况下也可代替雨水管渠。

(3) 优缺点

植草沟具有建设及维护费用低,易与景观结合的优点,但已建城区及开发强度较大的新建城区等区域易受场地条件制约。

(4) 维护管理要求

植草沟检修每年不少于 2 次(雨季之前、期中),植物生长季节修剪应 1 次/月,除了正常的检修和植物修剪外,还应重点注意以下几点。

- 1) 应及时补种修剪植物、清除杂草。

- 2) 进水口不能有效收集汇水面径流雨水时，应加大进水口规模或进行局部下凹等。
- 3) 进水口因冲刷造成水土流失时，应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施。
- 4) 沟内沉积物淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物。
- 5) 边坡出现坍塌时，应及时进行加固。
- 6) 由于坡度较大导致沟内水流流速超过设计流速时，应增设挡水堰或抬高挡水堰高程。

3. 植草沟设计图

设计采用干式植草沟，干式植草沟具有净化和渗透雨水的功能，设计干式植草沟形式如图 4-6 所示。

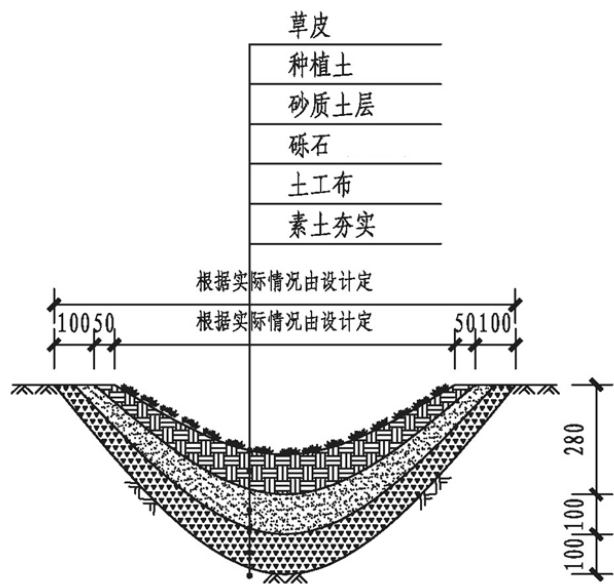


图 4-6 干式植草沟设计图(宽度为 1000mm)

4. 投资估算

南外环与东苑南路立交匝道工程根据地势设计了 6 条边沟，边沟总长约 640m，原设计边沟宽 0.5m，深 0.7m，拟建议边沟改为干式植草沟，工程投资增加 3.2 万元，边沟调整前后估算见表 4-4。

表 4-4 低影响投资估算

序号	项 目	规 格	单 位	长 度	单价(元)	总价(元)	备 注
1	浆砌块石边沟	0.5×0.7m	m	640	400	25.6 万	原设计
2	干式植草沟	0.48×1.0m	m	640	450	28.8 万	低影响技术
					增加：	3.2 万	差价

4.4 金钟湖公园

4.4.1 项目概况

金钟湖公园位于中山市主城区南郊，是中山市宝贵的城市自然山体资源，是中山市城区南部的生态屏障。同时，金钟水库为小一型水库，库容 190 万 m³，集水面积 4.2km²，是五桂山脉防洪排涝重要水利工程，如图 4-7 所示。



图 4-7 金钟湖公园项目位置图

项目建设是维护区域生态平衡、增加市民游览休闲场所、改善城市人居环境、提升城市形象、促进城市的可持续发展的需要，完全符合民生和社会发展需求。

项目建设内容包括金钟湖公园的园林景观工程、园林建筑工程、土石方及护岸工程、市政工程、道路工程以及征地拆迁工程，如图 4-8 所示。

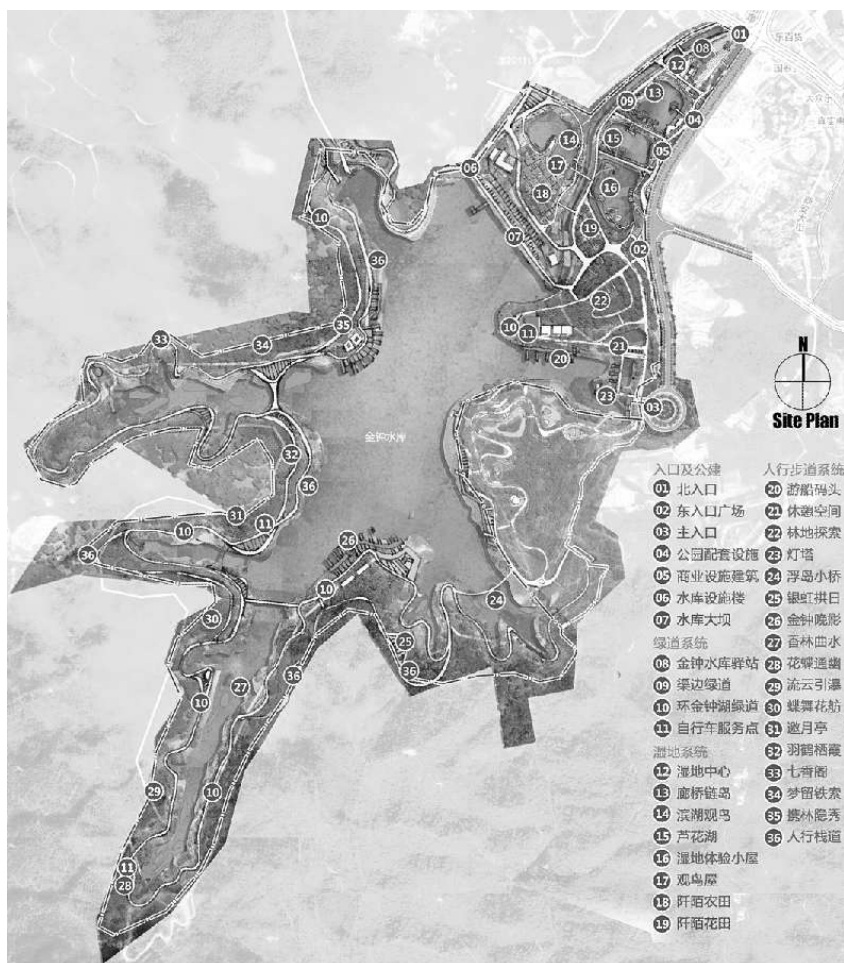


图 4-8 金钟湖公园总平面图

4.4.2 低影响技术应用

结合金钟湖公园的建设内容和建设环境等，拟建议采用下沉式绿地、雨水湿地、植被缓冲带等低影响开发技术。

1. 下沉式绿地

建议在金钟湖公园适当位置建设下沉式绿地,可提高对雨水的吸纳能力和蓄滞能力。

(1) 概念与构造

下沉式绿地指低于周边铺砌地面或道路 200mm 以内的绿地,如图 4-9~图 4-11 所示。可广泛应用于城市小区、道路、公园绿地和广场内,绿地采用下凹设计,绿地部分以雨水下渗为主,用绿地涵养水源,减少绿化灌溉用水量,周围铺装地面高于绿地 50~200mm,并坡向绿地,同时考虑超渗水的溢流,可适当建设渗管、渗井等增渗设施。



图 4-9 下沉式绿地实景图(一)

下沉式绿地应满足以下要求:

1) 下沉式绿地的下凹深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定,一般为 100~200mm。

2) 下沉式绿地内一般应设置溢流口(如雨水口),保证暴雨时径流的溢流排放,溢流口顶部标高一般应高于绿地 50~100mm。

狭义的下沉式绿地典型构造如图 4-12 所示。



图 4-10 下沉式绿地实景图(二)



图 4-11 下沉式绿地实景图(三)

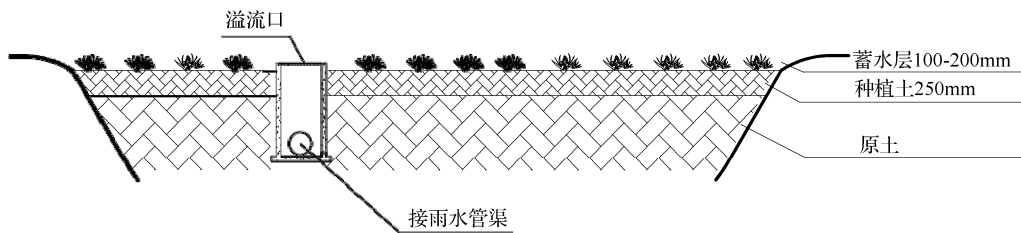


图 4-12 下沉式绿地典型构造示意图

(2) 适用性

下沉式绿地,如图 4-13 所示,可广泛应用于城市建筑与小区、道路、绿地和广场内。对于径流污染严重、设施底部渗透面距离季节性最高地下水位或岩石层小于 1m 及距离建筑物基础小于 3m(水平距离)的区域,应采取必要的措施防止次生灾害的发生。



图 4-13 下沉式草沟

(3) 优缺点

下沉式绿地适用区域广,其建设费用和维护费用均较低,但大面积应用时,易受地形等条件的影响,实际调蓄容积较小。

2. 雨水湿地

建议将金钟湖可研规划中的芦花湖和湿地体验小屋按照雨水湿地的低影响开发技术理念进行开发建设,图 4-14 所示为雨水湿地拟建位置。

(1) 概念与构造

雨水湿地利用物理、水生植物及微生物等作用净化雨水,是一种高效的径流污染控制措施,雨水湿地分为雨水表流湿地和雨水潜流湿地,一般设计成防渗型以便维持雨水湿地植物所需要的水量,雨水湿地常与湿塘合建并设计一定的调蓄容积,如图 4-15 和图 4-16 所示。

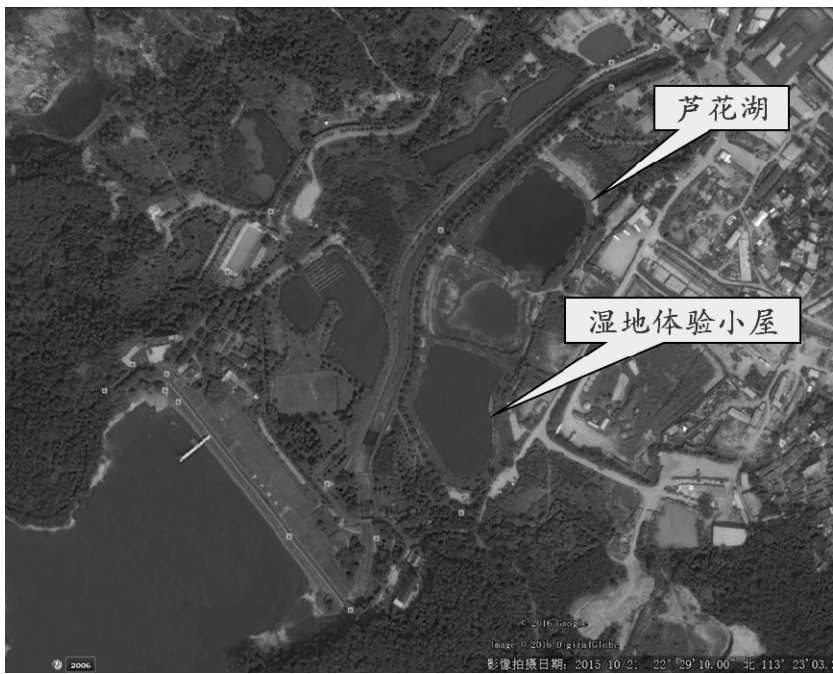


图 4-14 雨水湿地拟建位置



图 4-15 雨水湿地(一)



图 4-16 雨水湿地(二)

雨水湿地与湿塘的构造相似,一般由进水口、前置塘、沼泽区、出水池、溢流出水口、护坡及驳岸、维护通道等构成。

(2) 雨水湿地应满足以下要求

1) 进水口和溢流出水口应设置碎石、消能坎等消能设施,防止水流冲刷和侵蚀。

2) 雨水湿地应设置前置塘对径流雨水进行预处理。

3) 沼泽区包括浅沼泽区和深沼泽区,是雨水湿地主要的净化区,其中浅沼泽区水深范围一般为 $0\sim 0.3\text{m}$,深沼泽区水深范围一般为 $0.3\sim 0.5\text{m}$,根据水深不同种植不同类型的水生植物。

4) 雨水湿地的调节容积应在 24h 内排空。

5) 出水池主要起防止沉淀物的再悬浮和降低温度的作用,水深一般为 $0.8\sim 1.2\text{m}$,出水池容积约为总容积(不含调节容积)的 10% 。

雨水湿地典型构造如图 4-17 所示。

(3) 适用性

雨水湿地适用于具有一定空间条件的建筑与小区、城市道路、城市绿地、滨水带等区域。

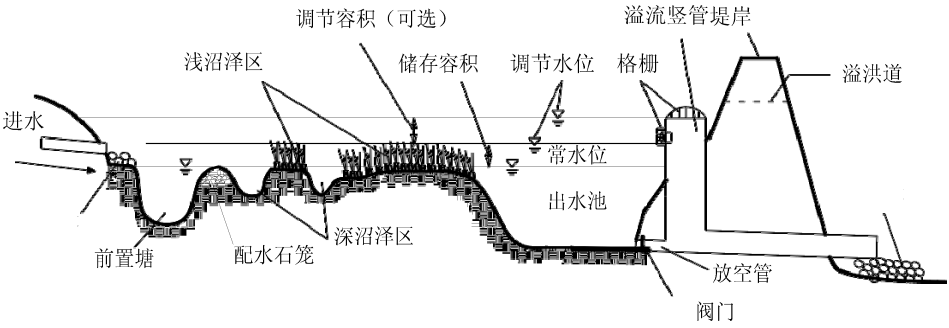


图 4-17 雨水湿地典型构造示意图

(4) 优缺点

雨水湿地可有效削减污染物，并对径流总量和峰值流量具有一定的控制效果，但建设及维护费用较高。

3. 植被缓冲带

为净化流入金钟湖的湖水，建议在合适位置建设植被缓冲带，去除排入金钟湖的泥沙、垃圾等污染物，如图 4-18 所示。



图 4-18 金钟湖沿岸可设置植被缓冲带

(1) 概念与构造

植被缓冲带为坡度较缓的植被区,经植被拦截及土壤下渗作用减缓地表径流流速,并去除径流中的部分污染物,植被缓冲带坡度一般为 $2\%\sim 6\%$,宽度不宜小于 2m 。植被缓冲带典型构造如图 4-19 所示。

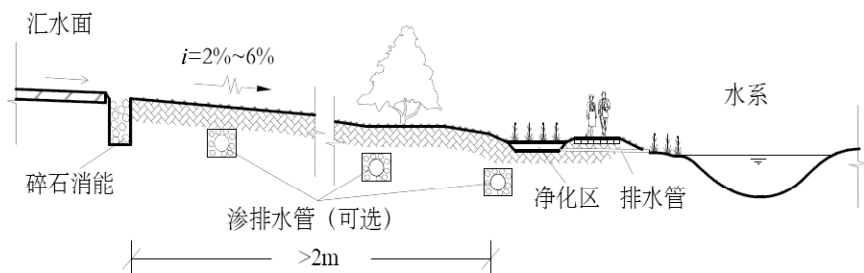


图 4-19 植被缓冲带典型构造示意图

(2) 适用性

植被缓冲带适用于道路等不透水面周边,可作为生物滞留设施等低影响开发设施的预处理设施,也可作为城市水系的滨水绿化带,但坡度较大(大于 6%)时其雨水净化效果较差。

(3) 优缺点

植被缓冲带建设与维护费用低,但对场地空间大小、坡度等条件要求较高,且径流控制效果有限。

4. 工程应用

拟建议在公园内的道路、绿地和停车场等采用下沉式绿地,以雨水下渗为主,用绿地涵养水源,减少绿化灌溉用水量,周围铺装地面高于绿地 $50\sim 200\text{mm}$,并坡向绿地,同时考虑超渗水的溢流。

拟建议按雨水湿地的要求做好金钟湖岸带的绿化工程,通过绿化措施进行雨水水质净化,为金钟水库的水质做好天然屏障。

拟建议在岸坡较缓地带建设植被缓冲带,通过植被拦截及土壤下渗作用减缓地表径流流速,并去除径流中的部分污染物,净化水质。

5. 维护管理要求

低影响开发技术建成后应及时维护管理,其中下沉式绿地、植被缓冲带应至少检修 2次/年 (雨季之前、期中),植物生长季节修剪 1次/月 ,雨水湿

地检修、植物残体清理应至少 3 次/年(雨季之前、期中、之后)、前置塘清淤(雨季之前)。除了正常的管理维护外,还应注意以下事项。

(1) 下沉式绿地

- 1) 应及时补种修剪植物、清除杂草;
- 2) 进水口不能有效收集汇水面径流雨水时,应加大进水口规模或进行局部下凹处理等;
- 3) 进水口、溢流口因冲刷造成水土流失时,应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施;
- 4) 进水口、溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时,应及时清理垃圾与沉积物;
- 5) 调蓄空间因沉积物淤积导致调蓄能力不足时,应及时清理沉积物;
- 6) 边坡出现坍塌时,应进行加固;
- 7) 由于坡度导致调蓄空间调蓄能力不足时,应增设挡水堰或抬高挡水堰、溢流口高程;
- 8) 当调蓄空间雨水的排空时间超过 36h 时,应及时置换树皮覆盖层或表层种植土;
- 9) 出水水质不符合设计要求时应换填填料。

(2) 雨水湿地

- 1) 进水口、溢流口因冲刷造成水土流失时,应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施;
- 2) 进水口、溢流口堵塞或淤积导致过水不畅时,应及时清理垃圾与沉积物;
- 3) 前置塘/预处理池内沉积物淤积超过 50%时,应及时进行清淤;
- 4) 防误接、误用、误饮等警示标识,护栏等安全防护设施及预警系统损坏或缺失时,应及时进行修复和完善;
- 5) 护坡出现坍塌时应及时进行加固;
- 6) 应定期检查泵、阀门等相关设备,保证其能正常工作;
- 7) 应及时收割、补种修剪植物、清除杂草。

(3) 植被缓冲带

- 1) 应及时补种修剪植物、清除杂草;
- 2) 进水口不能有效收集汇水面径流雨水时,应加大进水口规模或进行局

3) 进水口因冲刷造成水土流失时,应设置碎石缓冲或采取其他防冲刷措施;

5) 边坡出现坍塌时, 应及时进行加固:

6) 由于坡度较大导致沟内水流流速超过设计流速时,应增设挡水堰或抬高挡水堰高程。

4.5.1 项目概况



图 4-20 项目区域位置图

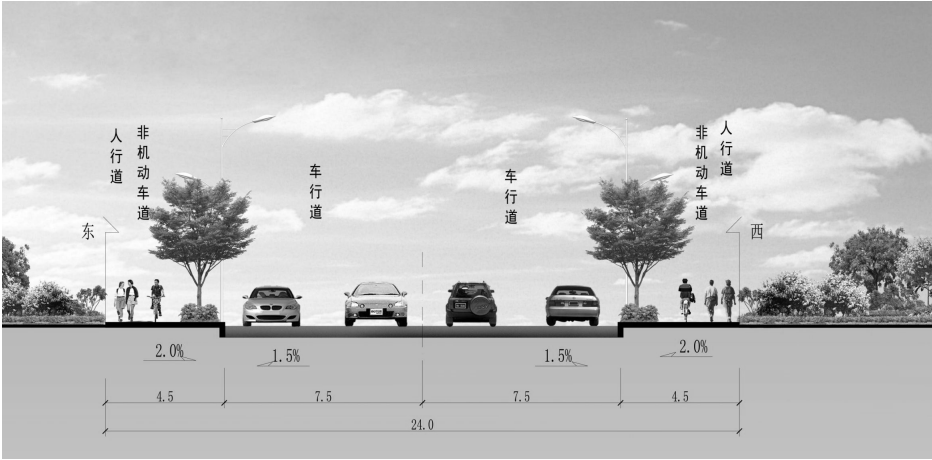


图 4-21 道路标准横断面(推荐方案)



图 4-22 道路效果图(推荐方案)

4.5.2 低影响技术应用

根据本道路工程的实际特点，本工程初步选择如下 3 种低影响技术进行分析：

(1) 透水铺装

1) 简介

在市政道路项目中，透水铺装技术一般应用在人行道(透水砖)和车行道

(透水混凝土或透水沥青)，可补充地下水并具有一定的峰值流量削减和雨水净化作用。

2)可行性分析

由于中山本地地势较低，且地下水水位较高，对道路路基强度和稳定性的潜在风险较大，考虑到本地的实际情况，本项目不宜采用透水铺装技术。

(2)初期雨水弃流

1)简介

指通过特定装置将污染物浓度较高的初期雨水予以去除，净化雨水水质。

2)可行性分析

初期雨水弃流设施占地面积小，建设费用低，本项目可以采用此技术。

(3)下沉式绿化带

1)简介

道路工程中下沉式绿地一般指低于道路 200mm 以内的绿化带，可以截留部分路面雨水污染物，净化水质。

2)可行性分析

本项目道路两侧具备实施下沉式绿化带的条件，可采用下沉式绿化带进行试验。

通过以上分析可知，本工程适宜采用初期雨水弃流和下沉式绿化带技术，见表 4-5。

表 4-5 低影响技术应用情况分析

序号	低影响技术	是否宜在本工程应用
1	透水铺装	不宜
2	初期雨水弃流	可以应用
3	下沉式绿化带	可以应用

1. 雨水弃流井

(1)初期雨水弃流技术

根据项目特点和现场实际情况，拟采用初期雨水弃流技术。初期雨水弃流指通过一定方法或装置将存在初期冲刷效应、污染物浓度较高的降雨初期径流予以弃除，以降低雨水的后续处理难度。弃流雨水应进行处理，如排入市政污水管网(或雨污合流管网)由污水处理厂进行集中处理。常见的

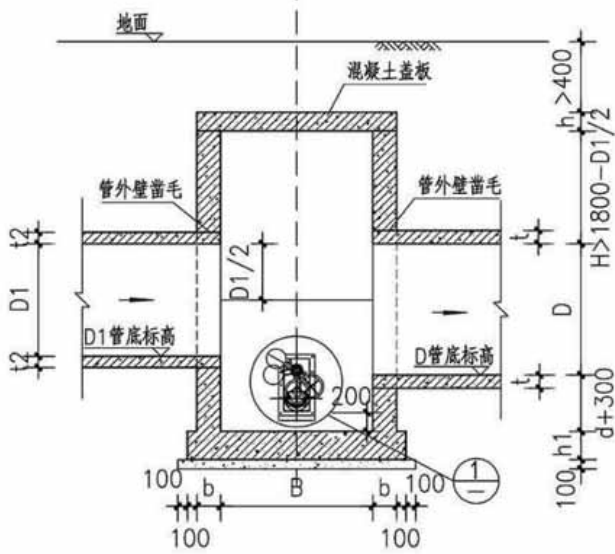


图 4-25 剖面图 (B=1600mm)

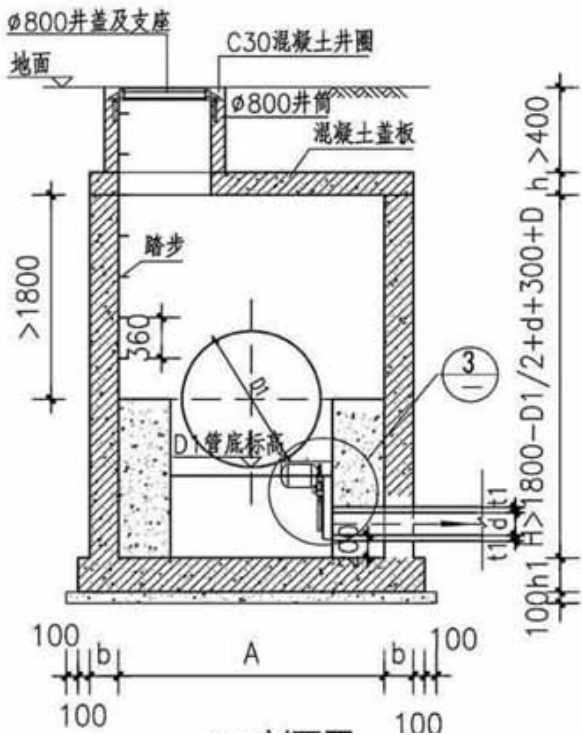


图 4-26 剖面图 (A=1500mm)

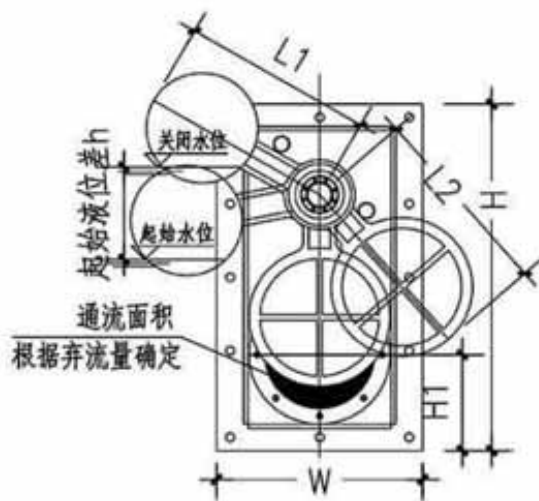


图 4-27 雨水弃流井调流阀示意图

2. 下沉式绿化带

西区裕福南路为新建道路，可研原设计为 1.2m 树池，拟在本道路采用下沉式绿地的低影响开发技术，将 1.2m 宽树池改为 1.5m 宽下沉式绿化带，同时，道路雨水算由车行道调整到下沉式绿化带内，详见图 4-28～图 4-31。



图 4-28 下沉式绿化带（一）



图 4-29 下沉式绿化带(二)

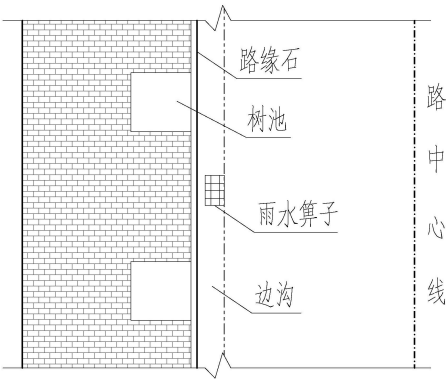


图 4-30 传统绿化带方案

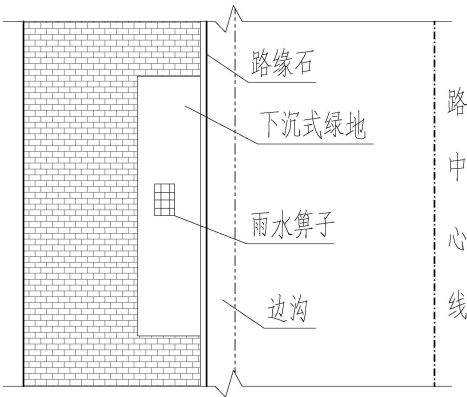


图 4-31 下沉式绿化带方案

(1) 设计构思

下沉式绿化带竖向标高应低于新建道路车行道，绿地采用下凹设计，绿地部分以雨水下渗为主，主要设计要点如下。

1) 下沉式绿化带的下凹深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定，一般为 100~200mm。

2) 下沉式绿地内一般应设置溢流口(如雨水口)，保证暴雨时径流的溢流排放，溢流口顶部标高一般应高于绿地 50~100mm。

(2) 管理维护要求

- 1) 进水口、出水口堵塞或淤积导致过水不畅时，应及时清理垃圾与沉积物；
- 2) 沉积物淤积导致弃流容积不足时应及时进行清淤等。

3. 投资估算

(1) 雨水弃流井

裕福南路为新建道路，全长约 1.6km，道路红线宽 24m，根据片区雨水规划，全线需新建 2XD600 管 280m，2XD800 管 580m，2XD1000 管 200m，2XD1200 管 250m，2XD1500 管 250m，根据项目实际情况和特点，设计沿雨水主线间隔设置雨水弃流井，雨水主线雨水井约 110 个，拟按间隔距离 90m 新建雨水弃流井，则全线新建雨水弃流井 36 座。

(2) 下沉式绿化带

道路全线原设计树池约 500 个，调整为下沉式绿化带后，全线新建绿化带约 3600m²。

本项目设计将原设计的 36 座普通雨水井调整雨水弃流井，同时将沿线树池调整为下沉式绿化带后，增加工程投资约 139 万元，见表 4-6。

表 4-6 低影响投资估算

序号	项 目	规 格	单 位	数量	单价(元)	总价(万元)	备 注
1	普通雨水井		座	36	6500	23	原设计
2	树池		座	500	280	14	
					小计	37	
3	雨水弃流井		座	36	8900	32	低影响技术
4	D250 弃流管		m	360	1000	36	低影响技术
5	下沉式绿化带		m ²	3600	300	108	低影响技术
					小计	176	
					增加：	139	差价

4.6 东苑南路(城桂路至沙石公路段)工程

4.6.1 项目概况

本项目位于中山市古香林片区北部，城市次干道，大致呈南北走向，北接城桂路，南接沙石公路，如图 4-32 所示。本项目全路段不包含交叉口设计，道路改造设计分为两段进行：第一段由城桂路至南外环高架桥底，全长 505.5m；第二段由南外环高架桥底至沙石公路，全长 545.4m。



图 4-32 东苑南路(城桂路至沙石公路段)工程位置图

设计起点接顺东苑南路延长段改造工程，中间位置接顺南外环匝道改造工程，终点接顺城桂路。

在本项目可行性研究报告中，考虑到金钟水库节假日期间交通流量较大，推荐将东苑南路(沙石公路至南外环)的规划 4 车道调整为 6 车道，取消中央分隔带。

(1) 北段南外环至城桂路采用 11m 车行道+1m 树池+1.5m 绿道+2.5m 人行道组成，如图 4-33 所示。

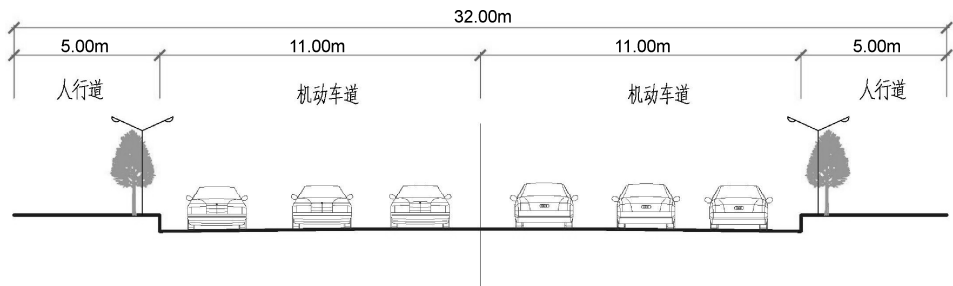


图 4-33 北段南外环至城桂路断面布置图

(2)南段沙古公路至南外环推荐采用 10.5m 车行道+1m 树池+2m 绿道 +2.5m 人行道组成，如图 4-34 所示。

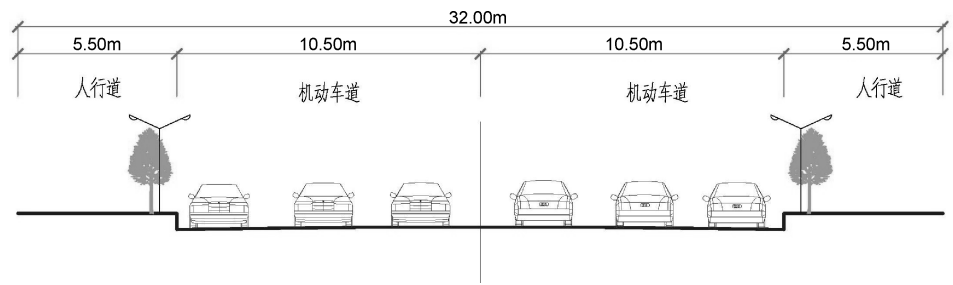


图 4-34 南段沙古公路至南外环断面布置图

4.6.2 低影响技术应用

本项目为城区通往金钟湖水库的最主要通道，平时人(车)流量较大，且有较多市民骑车通过，考虑到下沉式绿地一般比人行道和车行道低 200mm，为避免人流量较大时行人或自行车落入下沉式绿地，不宜采用下沉式绿地，建议采用初期雨水弃流技术。

4.6.3 投资估算

本项目采用初期雨水弃流技术。因东苑南路为现状路改造，根据本项目改造的可行性研究，全线雨水管保留，查阅物探资料，全路为双侧雨水管，主线上约有 90 座现状雨水井，设计每隔 2 个井重建一座雨水弃流井，低影响开发技术工程投资估算见表 4-7。

本项目设计拆除现状 30 座雨水井，并在原位上新建 30 座雨水弃流井，增加工程投资约 56.7 万元。

表 4-7 低影响投资估算

序号	项 目	单 位	数量	单价(元)	总价(万元)	备 注
1	雨水弃流井	座	30	8900	26.7	低影响技术
2	D250 弃流管	m	300	1000	30.0	低影响技术
				增加	56.7	差价

4.7 岐安路工程

4.7.1 项目概况

本工程位于中山市西区，规划道路类别为城市次干路，规划道路宽度 24m，南北走向，南侧起点为 38 号路，北侧终点接北外环路，道路长约 991m，如图 4-35 和图 4-36 所示。

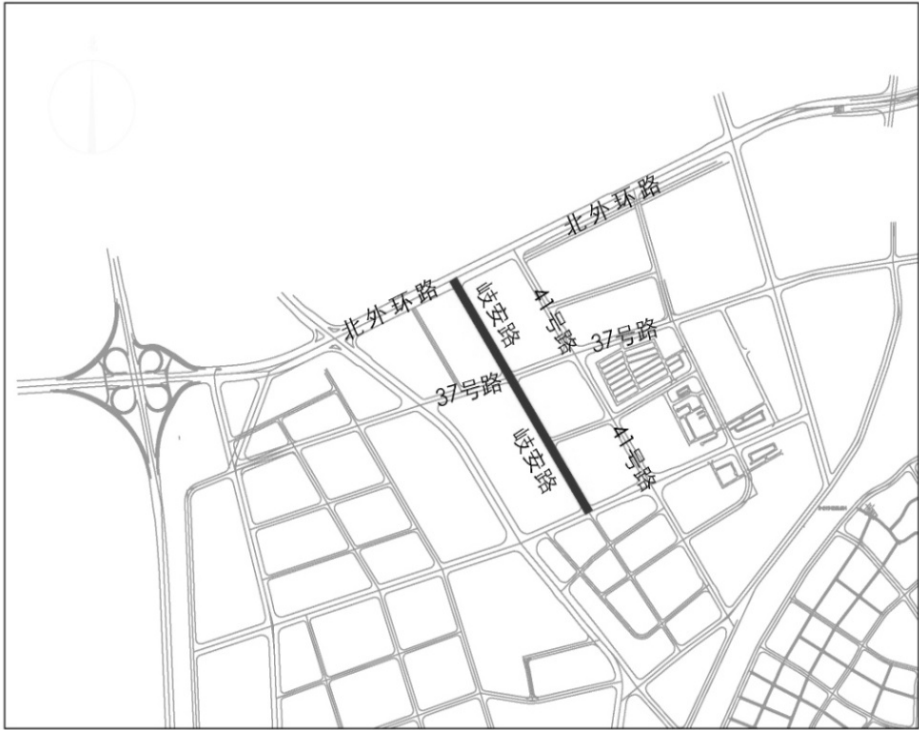


图 4-35 岐安路区域位置图

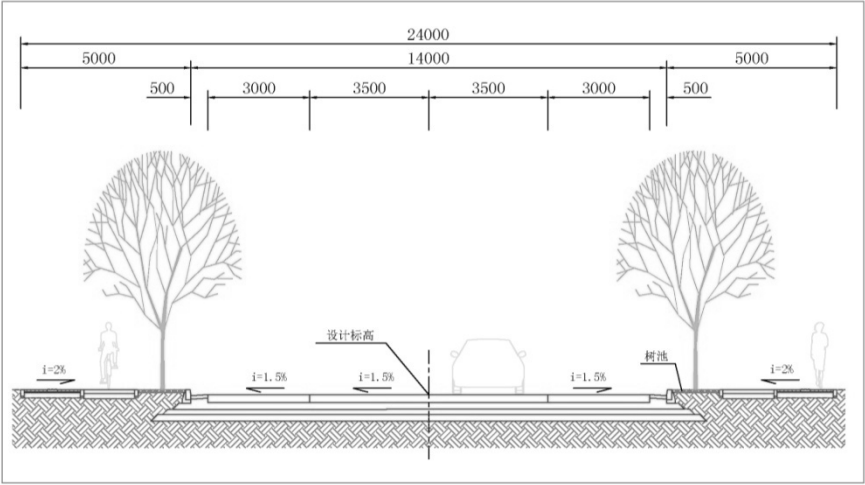


图 4-36 岐安路道路横断面图

4.7.2 低影响技术应用及估算

岐安路与裕福路一样为新建道路，平时人(车)流量不大，拟采用初期雨水弃流技术和下沉式绿地。

1. 初期雨水弃流技术

根据《中山市岐安路道路工程》图纸，道路全长约 991m，道路红线宽 24m，全线需新建雨水主线雨水井 72 个，根据项目实际情况和特点，设计沿雨水主线间隔设置雨水弃流井，拟按间隔距离 90m 新建雨水弃流井，则全线新建雨水弃流井 24 座。

2. 下沉式绿化带

拟将原设计的 1.2m 宽树池改为 1.5m 宽下沉式绿化带，同时，道路雨水算由车行道调整到下沉式绿化带内，如图 4-37 所示。

3. 投资估算

(1)雨水弃流井

岐安路全线新建雨水弃流井 24 座。

(2)下沉式绿化带

道路全线原设计树池约 380 个，调整为下沉式绿化带后，全线新建绿化带约 2400m²。



图 4-37 下沉式绿化带现场图

本项目设计将原设计的 24 座普通雨水井调整雨水弃流井，同时将原设计树池改为下沉式绿化带后，增加工程投资约 91.2 万元，见表 4-8。

表 4-8 低影响投资估算

序号	项目	规格	单位	数量	单价(元)	总价(万元)	备注
1	普通雨水井		座	24	6500	15.6	原设计
2	树池		座	380	280	10.6	原设计
3					小计	26.2	
4	雨水弃流井		座	24	8900	21.4	低影响技术
5	D250 弃流管		m	240	1000	24	低影响技术
6	下沉式绿化带		m ²	2400	300	72	
					小计	117.4	低影响技术
					增加	91.2	差价

4.8 效应分析

对南外环与东苑南路立交匝道工程、金钟湖公园、西区裕福南路工程、东苑南路(城桂路-沙石公路)道路工程、岐安路道路工程5个工程的低影响开发技术进行分析研究,结合中山市及项目特点,主要采用净化水质的措施,如南外环与东苑南路立交匝道工程采用植草沟取代浆砌块石边沟的排水方案;金钟湖公园采用下沉式绿地、雨水湿地、植被缓冲带等低影响开发技术;西区裕福南路工程选用雨水弃流设施和下沉式绿地净化水质;东苑南路(城桂路-沙石公路)道路工程采用初期雨水弃流设施;岐安路道路工程雨水弃流设施和下沉式绿地净化水质,这些低影响开发技术对水质的净化具有非常重要的意义,对改善区域水环境质量具有积极的作用,工程的环境效益十分明显。

经济效益方面,低影响开发技术并无显著的直接投资效益,而间接经济效益主要是通过减少水体污染对社会造成的经济损失而表现出来。主要有两个方面:一是水污染会造成人类的发病率上升,医疗保健费用增加,劳动生产率下降。根据有关资料显示,我国排水系统及污水处理设施建设,每投入1元可以减少因水污染造成的健康损失、地价损失、农业损失、工业损失共计3.72元。二是土地增值作用,水环境将得到改善,周边的土地价值随之提高。

市政工程是城市基础设施建设的重要组成部分,是重要的民生工程。采用低影响开发技术将实现经济效益、社会效益、生态效益的和谐统一,主要体现在以下几个方面。

1)对中山市来讲,低影响开发技术的应用,有利于改善水环境质量,提升城市形象和综合竞争力,有利于解决城市发展与人类生存、环境保护之间的矛盾,促进中山市经济、社会、环境的协调发展。

2)采用低影响开发技术将进一步增强区域基础设施建设,有效地改善区域的水质和周边环境,使其更美化、绿化、亮化、净化,为招商引资和公益事业的发展提供保障,对区域经济的可持续发展有着重要的现实意义。

3)对项目所在区域的公众来讲,采用低影响开发技术能有效改善水体水质,这对预防各种传染病、公害病以及提高人民健康水平可以起到重要作

用。同时水环境好转，人们的居住环境和卫生条件也将得到明显改善，该区域的人居环境也将大幅度提高。

4.9 小 结

结合课题的研究意义和统筹建设的原则，从中山市市政工程建设中心近期拟实施项目中选取了南外环与东苑南路立交匝道工程、金钟湖公园、西区裕福南路工程、岐安路道路工程、东苑南路(城桂路至沙石公路段)5个项目进行相关方案设计。

针对不同项目的不同特点及相关功能需求等，有针对性地进行低影响开发方案设计：其中南外环与东苑南路立交匝道工程采用植草沟取代浆砌块石边沟的排水方案，在满足原排水需求的基础上，增加了净化植被净化水质的低影响开发措施。结合金钟湖公园的建设内容和建设环境等，拟建议采用下沉式绿地、雨水湿地、植被缓冲带等低影响开发技术。西区裕福南路工程，根据项目特点和现场实际情况，拟选用雨水弃流设施和下沉式绿地，净化水质。综合考虑东苑南路(城桂路-沙石公路)道路工程的现状，采用初期雨水弃流设施。岐安路道路工程，拟建议采用下沉式绿化带代替原设计绿化带，同时结合原方案中的雨水井，增设雨水弃流井，净化水质。

通过对上述五个项目进行低影响开发方案设计，低影响开发的设计应结合工程的性质、周边现状、汇水区特征和各种低影响开发技术的主要功能、经济性、适用性、景观效果等因素综合选择低影响开发技术，确保因地制宜、安全为重和统筹建设等原则。

第 5 章 结论与建议

5.1 结 论

低影响开发通过渗、滞、蓄、净、用、排等多种技术，对实现城市良性水文循环、提高对径流雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力、对维持或恢复城市的“海绵”功能具有积极意义。在实际工程应用中应结合工程的特点、功能要求、工程周边条件等，从经济性、适用性、景观效果、维护管理等多个方面综合考虑，做到因地制宜，灵活选用低影响开发设施及其组合系统。

中山市城区地势南高北低，南部的五桂山山脉易造成山洪，山洪沿山体倾泄至低平地区，使得洪峰来势快、来势猛，同时，中山市地处珠江三角洲网河区下游，暴雨时外河水位上涨，极易形成河水顶托现象，不利于雨水的外排，因此，采用储存等措施调节峰现时间，可以缓解中山市城区的内涝现象。

初期雨水污染，尤其是市政道路等的初期雨水污染较严重，对河涌的水质有一定的影响，通过低影响开发的截污净化措施，如植被缓冲带、初期雨水弃留设施，对河涌的水质改善具有一定的积极意义。

基于规划引领、生态优先、安全为重、因地制宜、统筹建设等基本原则，有所侧重地对具体市政工程项目进行低影响开发措施分析，为更好地将低影响开发技术应用到中山市市政工程项目中提供理论支撑和技术支持。

结合统筹建设的原则，选取了南外环与东苑南路立交匝道工程、金钟湖公园、西区裕福南路工程、岐安路道路工程、东苑南路(城桂路至沙石公路段)五个项目进行相关方案设计，为低影响开发技术在中山市市政工程项目的应用提供理论指导。针对不同项目的不同特点及相关功能需求等，有针对性地进行低影响开发方案设计，其中南外环与东苑南路立交匝道工程采用植草沟取代浆砌块石边沟的排水方案，在满足原排水需求的基础上，增加了净化植被净化水

质的低影响开发措施。结合金钟湖公园的建设内容和建设环境等,拟建议采用下沉式绿地、雨水湿地、植被缓冲带等低影响开发技术。西区裕福南路工程,根据项目特点和现场实际情况,拟选用雨水弃流设施和下沉式绿地,净化水质。综合考虑东苑南路(城桂路-沙石公路)道路工程的现状,采用初期雨水弃流设施。岐安路道路工程,拟建议采用下沉式绿化带代替原设计绿化带,同时结合原方案中的雨水井,增设雨水弃流井,净化水质。

5.2 建 议

(1) 充分调查研究,确保方案的合理性和经济性

对技术复杂、关注度高的重大建设项目,在低影响开发规划编制或低影响开发设施设计的编制报批过程中,应由相关部门组织给排水、城市规划、风景园林、生态、城市道路、桥梁等方面的专家针对规划设计成果的科学性与可行性进行评审论证工作。

(2) 做好后续跟踪调查

低影响开发技术作为一个新的技术,还存在一定的技术不确定性因素和适应性,在将相关技术应用到实际工程中,应做好后续跟踪调查,为后续项目采用低影响开发技术提供经验和指导。

(3) 加强人员培训

低影响开发技术相对于传统工艺而言,还不是很成熟,尤其是在中山市市政工程项目中的应用中还暂无成熟的应用和管理经验,应加强对相关从业人员进行低影响开发技术与管理维护等专业知识的培训。

(4) 加强社会宣传

加强低影响开发的社会宣传,提高公众对低影响开发的认识,鼓励公众积极参与低影响开发设施的建设、运行和维护。

(5) 完善激励政策

由于城市低影响开发是个系统工程,为了促进中山市海绵城市建设,除在市政工程项目中应积极采用低影响技术外,政府应制定相应激励政策,鼓励开发商在住宅小区、商业楼盘的建设过程中落实低影响开发理念,因地制宜积极采用绿色屋顶、透水铺装、下沉式绿地、雨水罐、初期雨水弃流等低影响技术。

(6) 落实低影响开发相关规定

《中山市中心城区低冲击(低影响)开发规划》给出的低影响开发控制目标为近期(2015~2020年)控制流量综合径流系数 ≤ 0.65 , 远期(2020~2030年)控制流量综合径流系数 ≤ 0.60 。为了完成该规定, 建议相关职能部门在商住项目报批阶段对项目径流系数进行核定, 同时在项目完工后进行验收, 确保地块的径流系数满足规划要求。

(7) 将低影响开发技术与河涌整治相结合

利用低影响开发技术实现源头控制、过程控制、末端保障, 调节河涌的径流总量、径流峰值与降低河涌的径流污染, 提高河涌的水质和排洪能力。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)[S]. 2014.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计规范 (GB50014—2006) (2016年版)[S]. 2016.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市排水工程规划规范 (GB50318—2000) [S]. 2000.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 雨水集蓄利用工程技术规范 (GB/T50596—2010) [S]. 2010.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市水系规划规范 (GB50513—2009) (2016年版)[S]. 2016.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 蓄滞洪区设计规范 (GB50773—2012) [S]. 2012.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市防洪工程设计规范 (GB/T50805—2012) [S]. 2012.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市道路工程设计规范 (CJJ37—2012) (2016年版)[S]. 2016.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 透水水泥混凝土路面技术规程 (CJJ/T135—2009) [S]. 2009.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 透水沥青路面技术规程 (CJJ/T190—2012) [S]. 2012.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 透水砖路面技术规程 (CJJ/T188—2012) [S]. 2012.
- [12] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市道路路基设计规范 (CJJ194—2013) [S]. 2013.